

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ В РОССИИ

О.А. Давыдова¹, М.В. Кислякова², В.А. Костылев^{1,2}, И.В. Назаров³

¹ Ассоциация медицинских физиков России, Москва

² Институт медицинской физики и инженерии, Москва

³ Национальный исследовательский университет “Высшая школа экономики”, Москва

На фоне смертности от онкологических заболеваний проведен анализ состояния лучевой терапии в России в сравнении с другими странами мира. Проведена оценка способности страны или региона оказывать радиационно-терапевтическую помощь. В частности, приведено сравнение по оснащению ускорителями и количеству центров лучевой терапии в регионах России. Рассмотрены потребности в аппаратах, радиационных онкологах и медицинских физиках на число пациентов и число населения. Предложена упрощенная методика количественной оценки качества технического оснащения лучевой терапии.

Ключевые слова: *техническое оснащение, анализ, лучевая терапия, оценка качества оснащения*

Смертность от онкологических заболеваний

В течение многих десятилетий главной причиной смертности были заболевания сердечно-сосудистой системы. Пять лет назад эта картина изменилась, и на печальное первое место вышли раковые заболевания. По средним статистическим данным, онкологические заболевания уносят каждый год не менее 300 тыс. жизней только в России, и с каждым годом эта цифра только растет [1]. Основываясь на этих цифрах, не так трудно прикинуть, что за 1 сутки в стране умирает от рака около 1 тыс. человек. А так как в сутках 1440 минут, то каждые полторы минуты в среднем умирает один больной.

Согласно статистическому отчету Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), содержащему анализ информации по 193 странам мира, рак в каждой стране проявляется по-разному. Так, самая большая смертность от рака зафиксирована на Мальдивских островах в Индийском океане, где ежегодно на 100 тыс.

жителей от рака умирает 306 человек. Второе печальное место заняла Венгрия с ежегодной смертностью от рака 204 человека на 100 тыс. населения. Затем, идут: Франция – 154 человека, Великобритания – 147, Китай – 143, Россия и Эфиопия – 142, Германия – 135, США – 133, Израиль – 121, Япония – 120 человек.

Как известно, с медицинской статистикой не поспоришь, но улучшить её можно. На то она и современная медицина, чтобы искать новые способы и методы борьбы с заболеваниями.

Показатели смертности от онкологических заболеваний в России практически не изменились с 2000 г., тогда как в других странах они постепенно снижаются, о чем свидетельствуют соответствующие показатели для мужского и женского населения, представленные в работе [1] (табл. 1).

Во всем мире от онкозаболеваний за 2010 г., умерло около 8 млн. человек. И это около 13 % от общего числа всех умерших по разным причинам (около 61 млн. за 2010 г.). По данным МАГАТЭ [2], более 70 % всех случаев

Таблица 1

**Показатели смертности от рака мужского и женского населения ряда стран.
Смертность от онкологических заболеваний (на 100 тыс. чел.)**

Страна	Мужчины	Снижение по сравнению с 2000 г., %	Женщины	Снижение по сравнению с 2000 г., %
Россия*	310	1	156	3
Турция	285	4	124	11
США	240	16	175	12
Великобритания	260	12	192	11
Швеция	215	12	172	7
Германия	247	19	166	14
Канада	236	20	178	13
Австралия	231	18	155	12
Япония	244	16	129	15

* Данные по России – за 2013 г, для других стран – за 2012 г. (показатели приведены к среднему распределению по возрасту в России)

смерти от рака происходят в странах с низким уровнем дохода, где ресурсы для профилактики, диагностики и лечения ограничены или полностью отсутствуют. В странах с высоким уровнем дохода приблизительно для 50 % новых случаев рака требуется как минимум однократная лучевая терапия. С учетом видов рака, диагностирования заболевания лишь на поздней стадии и нехватки других ресурсов, процент новых случаев, требующих лучевой терапии, в странах с низким и средним уровнем дохода, вероятно, намного выше.

Согласно статистическим данным, в более развитых странах смертность от онкологических заболеваний снизилась на несколько процентов. Ясно, что это связано с новыми методами лечения, которые у нас до сих пор не используются или используются явно недостаточно.

Оценка способности страны оказывать радиотерапевтическую помощь

В настоящее время в результате серьезно развития техники и технологий лучевой терапии возможно излечение большего числа пациентов с гораздо меньшими побочными эффектами. Но для этого необходим доступ к возможности получения адекватного лечения.

В странах с высоким уровнем дохода больше половины всех онкологических пациентов получают лучевую терапию – саму по себе или в сочетании с хирургией, химиотерапией, или с тем и другим – причем это лечение прово-

дится с целью достижения радикального излечения [3].

Доступ к услугам лучевой терапии представляет собой многомерную переменную, включающую наличие данной услуги, ее пространственную доступность, возможность размещения пациентов, доступность по цене и осведомленность пациентов и медицинских работников.

Согласно данным МАГАТЭ [2], в странах с ограниченными ресурсами заболеваемость раком в настоящее время резко повышается из-за стареющего населения, которое, как правило, имеет ограниченный доступ к лучевой терапии или вообще его не имеет. В этой связи, крайне важна реализация и расширение программ лучевой терапии, что позволит обеспечить оптимальные результаты лечения для всех онкологических пациентов.

Для многих онкологических больных в развивающихся странах лучевая терапия недоступна ни для радикального излечения, ни для облегчения своего состояния. В некоторых африканских и азиатских странах население совсем не имеет доступа к лучевой терапии. Во многих других странах – причем в некоторых из них имеется хорошая общая инфраструктура здравоохранения – лучевая терапия плохо поставлена за пределами небольшого числа лечебных центров. В соответствии с одной недавней оценкой, в мире не хватает около 5 тыс. мегавольтных аппаратов [4].

Улучшение доступа к услугам лучевой терапии и повышение их качества является одной из важнейших составляющих комплексного национального плана борьбы с раком.

Таблица 2

**Оценка потребности в аппаратах радиационных онкологах и медицинских физиках
лучевой терапии на число пациентов и на число населения**

Рекомендации	На число пациентов в год	На число населения
Линейные ускорители		
✓ обычный аппарат	1 на 450 пациентов	1 на 180 тыс. чел.
✓ аппарат с повышенной сложностью	1 на 400 пациентов	1 на 160 тыс. чел.
Аппарат для брахитерапии	1 на 100 пациентов	1 на 350 тыс. чел.
Радиационные онкологи		
✓ обычный аппарат	1 на 250 пациентов	1 на 100 тыс. чел.
✓ аппарат с повышенной сложностью	1 на 200 пациентов	1 на 80 тыс. чел.
Медицинские физики	1 на 400 пациентов	1 на 180 тыс. чел.

Несмотря на то, что лучевая терапия требует более высоких начальных капиталовложений, она остается экономически весьма эффективной частью лечения рака. Как правило, ограничение предложения услуг лучевой терапии большому числу пациентов, особенно тем, которые живут на некотором удалении от онкологического центра [4], связано с недостаточным количеством квалифицированного персонала.

В настоящее время имеются достоверные свидетельства того, что в ряде стран, как богатых, так и бедных, показатели использования лучевой терапии тесно соотносятся с расстоянием, которое должен проехать пациент для получения терапии. Эта корреляция сильнее выражена для пациентов с более низким социально-экономическим и образовательным статусом, которые часто также имеют меньший доступ к частному транспорту [5].

Необходимо обеспечивать доступность и эффективность услуг диагностики и лучевой терапии путем принятия доказательно обоснованных клинических и управленческих руководящих принципов, наличия важнейших лекарственных препаратов, создания хороших систем направления пациентов к специалистам, последующего наблюдения и оценки, а также обеспечения непрерывной профессиональной подготовки различных соответствующих медицинских работников.

Устойчивость и качество работы должны поддерживаться системой надлежащего управления оборудованием и поставки расходных материалов.

В соответствии с определением ВОЗ, национальная программа борьбы с раком (НПБР) [6, 7] является программой системы здравоохранения, разработанной для снижения числа случаев заболевания и смерти от рака, улуч-

шения качества жизни онкологических пациентов посредством систематической и соразмерной реализации доказательно обоснованных стратегий профилактики, раннего обнаружения, диагностики, лечения и паллиативной помощи при оптимальном использовании имеющихся ресурсов.

Количество аппаратов дистанционной лучевой терапии на миллион населения является очень важным показателем возможности предоставлять услуги лучевой терапии. Большинство оценок потребности в лучевой терапии основаны на ориентировочном предположении, что в 50 % случаев рака в течение заболевания требуется лучевая терапия. Учитывая следующие важные факторы:

- ✓ доля пациентов с данным видом рака, для которых показана лучевая терапия;
- ✓ удельная заболеваемость этими видами рака;
- ✓ частота повторного облучения;
- ✓ число сеансов облучения в год на один мегавольтовый аппарат,

были выработаны рекомендации по кадровому и техническому обеспечению лучевой терапии на число пациентов и число населения, что является международным критерием оснащения лучевой терапии (табл. 2) [2].

Техническое оснащение лучевой терапии в России

Ассоциация медицинских физиков России много лет ведет постоянную работу по сбору и обновлению базы данных состояния радиологической помощи в России, содержащую информацию по количеству РТЦ и отделений лучевой терапии, их техническому и кадровому обеспечению.

Сегодня на 146 млн. населения России имеется 153 отделения и радиотерапевтических центров, 193 ускорителя (учитывая аппараты томотерапии и кибернож), 204 дистанционных аппарата ^{60}Co , 168 аппаратов для брахитерапии.

Методика оценки технического оснащения

В развитие и модернизации методики, предложенной в работе [9], разработана упрощенная методика оценки технического оснащения лучевой терапии.

Предлагается упрощенный фактор технического оснащения:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i = \frac{\sum m_i X_i}{n_i} \times 10^{-6}, \quad (1)$$

где m_i – количество i -х аппаратов, X_i – качество i -го аппарата, n_i – количество миллионов населения в i -ом регионе (городе или стране), которое должен обслуживать данный радиотерапевтический комплекс.

В этой формуле для упрощения (в первом приближении) процедуры оценки будем рассматривать только количество и качество ускорительных комплексов. Причем также для упрощения условно возьмем только два уровня – простой и сложный (с MLK, IMRT, IGRT, стереотаксисом и т.д.).

В дальнейшем можно будет учесть гамма-аппараты (^{60}Co), киберножи, гамма-ножи, томотерапию, рентгенотерапевтические аппараты, интерооперационную лучевую терапию, брахитерапию различных видов и т.д.

Для более точной оценки можно будет учесть весовой коэффициент (φ), учитывающий степень важности данного аппарата или элемента, C_i – коэффициент стоимости аппарата, d_i – коэффициент новизны аппарата, T_i – коэффициент продолжительности его использования, K_i – коэффициент полезности его использования по времени и методикам, S_i – коэффициент стоимости R_i – коэффициент качества его сервиса, W_i – обобщенный коэффициент оценки оснащения данным оборудованием. Но это, конечно, значительно усложнит процедуру оценки.

Т.е. предлагается использовать формулы, предложенные в работе [9], но нормированные на количество населения n_i :

$$W_i = \frac{N_i Y_i \varphi_i K_i R_i}{S_i C_i T_i n_i}. \quad (2)$$

$$W = \sum_{i=1}^n W_i = \sum_{i=1}^n \frac{N_i Y_i \varphi_i d_i K_i R_i}{S_i C_i T_i n_i}, \quad (3)$$

Формула (2), как и предложенная в работе [9], справедлива при следующих допущениях:

- ✓ имеется прямая (или обратная) пропорциональная зависимость между качеством и соответствующим коэффициентом;
- ✓ показатель качества всего комплекса представляет собой сумму показателей качества отдельных его фрагментов (аппаратов входящих в комплекс).

Ниже приводится табл. 3, в которой указано количество РТЦ, оснащение их ускорителями, расчеты количества населения на 1 ускоритель и 1 клинику, а также коэффициент качества технического оснащения (W), рассчитанный по формуле (1). В данной формуле будем учитывать только количество ускорителей, т.к. они являются главным средством лучевой терапии, а качество будем оценивать исходя из 10 баллов, считая для упрощения все ускорители одинаковыми. При этом необходимо уточнить, что в некоторых субъектах России нет ускорителей, поэтому $W=0$. Из этих субъектов 18 оснащены только гамма-терапевтическими аппаратами с источниками ^{60}Co , что в данной таблице не учитывается.

По разным причинам не работает около 10 ускорителей.

Хотя для обеспечения точности информации, содержащейся в данной публикации, были приложены большие усилия, тем не менее, точность приводимых в ней данных не гарантирована, т.к. ситуация на местах непрерывно меняется. Информационное наполнение используемых веб-сайтов (где указывается информация о состоянии радиационной медицины в странах мира и регионах России) не всегда бывает точной и актуальной.

Оценку потребности в ускорителях получаем, опираясь на международные критерии (табл. 2). округлив показатель (1 ускоритель на 200 тыс. населения). Потребность в количестве РТЦ определяется, ориентируясь на развитые страны (США – 1 РТЦ на 95 тыс. населения), все страны Западной Европы – до 350 тыс. населения на 1 РТЦ, Канада – 600 тыс. на 1 РТЦ). Округлим показатель для определения потребности в радиотерапевтических центрах – 1 РТЦ

Таблица 3

Техническое оснащение радиотерапии в субъектах РФ

Регион России	Население на 01.01.15, тыс. чел.	Ускорители		Тыс. нас. на 1 уск.	Кoeff. тех. оснащ. W	РТЦ		Тыс. нас. на 1 РТЦ
		есть	необх.			есть	необх.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Центральный федеральный округ	38944,9	74	195	526,3	19,0	48	77	811,4
Москва	12184,0	40	61	304,6	32,8	22	24	553,8
Московская обл.	7236,6	4	36	1809,2	5,5	6	14	1206,0
Белгородская обл.	1547,8	1	8	1547,8	6,7	1	3	1547,8
Брянская обл.	1232,9	2	6	616,5	16,7	1	4	1232,9
Владимирская обл.	1405,7	3	7	468,6	21,4	1	5	1405,7
Воронежская обл.	2331,5	4	11	582,9	17,4	3	4	777,2
Ивановская обл.	1037,0	2	5	518,5	19,2	1	2	1037,0
Калужская обл.	1009,7	5	5	201,9	50	2	2	504,9
Костромская обл.	654,2	0	3		0	1	1	654,2
Курская обл.	1117,4	1	6	1117,4	9,0	1	2	1117,4
Липецкая обл.	1158,3	3	6	386,1	25	1	2	1158,3
Орловская обл.	766,2	1	4	766,2	13,2	1	1	766,2
Рязанская обл.	1135,9	1	6	1135,9	9,0	1	2	1135,9
Смоленская обл.	964,3	2	5	482,2	20,1	2	2	482,2
Тамбовская обл.	1062,5	2	5	531,3	20,0	1	1	1062,5
Тверская обл.	1315,4	1	7	1315,4	7,7	1	3	1315,4
Тульская обл.	1513,2	1	8	1513,2	6,7	1	3	1513,2
Ярославская обл.	1272,0	1	6	1272,0	7,7	1	2	1272,0
СЗФО	13847,2	23	69	602,1	16,7	18	28	769,3
Санкт-Петербург	5197,1	15	26	346,7	28,8	6	10	866,2
Ленинградская обл.	1774,0	1	9	1774,0	5,6	1	4	1774,0
Республика Карелия	632,7	0	3		0	1	1	632,7
Республика Коми	864,2	1	4	864,2	11,1	2	2	432,1
Архангельская обл. в т.ч. Ненецкий АО	1183,5 43,4	1	6	1183,5	8,3	1	2	1183,5
Вологодская обл.	1191,0	3	6	397,0	25	2	2	595,5
Калининградская обл.	968,3	0	5		0	1	2	968,3
Мурманская обл.	766,4	0	4		0	1	2	766,4
Новгородская обл.	618,7	1	3	618,7	16,7	1	1	618,7
Псковская обл.	651,2	1	3	651,2	14,3	2	2	325,6
Южный ФО	14005,5	8	70	1750,7	5,7	18	29	778,1
Республика Адыгея	449,2	1	2	449,2	25	1	1	449,2
Республика Калмыкия	280,6	1	1	280,6	33,3	1	1	280,6
Краснодарский край	5453,9	1	27	5453,9	1,8	4	11	1363,5
Астраханская обл.	1021,9	1	5	1021,9	10	1	2	1021,9
Волгоградская обл.	2557,7	3	13	852,6	11,5	4	5	639,4
Ростовская обл.	4242,3	1	22	4242,3	2,4	7	9	606,0
Северо-Кавказский ФО	9659,1	5	48	1931,8	5,2	7	19	1379,9
Республика Дагестан	2990,3	0	15		0	1	6	2990,3
Республика Ингушетия	463,4	0	2		0	0	1	
Кабардино-Балкарская Республика	860,8	0	4		0	1	1	860,8
Карачаево-Черкесская Республика	469,3	0	2		0	1	1	469,3
Респ. Сев. Осетия- Алания	705,2	2	4	352,6	28,6	1	1	705,2
Чеченская Республика	1370,2	1	7	1370,2	7,1	1	3	1370,2
Ставропольский край	2799,9	2	14	1400,0	7,1	2	6	1400,0

Таблица 3. Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Приволжский ФО	29717,8	37	148	803,2	12,5	22	59	1350,8
Республика Башкирия	4071,6	4	20	1017,9	9,8	2	8	2035,8
Республика Марий Эл	687,6	1	3	687,6	14,3	1	1	687,6
Республика Мордовия	809,5	2	4	404,6	25	1	2	809,5
Республика Татарстан	3855,3	3	19	1285,1	7,7	1	8	3855,3
Удмуртская Республика	1517,3	2	8	758,7	13,3	1	3	1517,3
Чувашская Республика	1238,2	1	6	1238,2	8,3	1	3	1238,2
Пермский край	2637,7	2	13	1318,9	7,7	1	5	2637,7
Кировская обл.	1304,8	1	7	1304,8	7,7	1	3	1304,8
Нижегородская обл.	3270,6	3	16	1090,2	9,1	3	6	1090,2
Оренбургская обл.	2001,4	2	10	1000,7	10	2	4	1000,7
Пензенская обл.	1356,1	4	7	339,0	28,6	1	3	1356,1
Самарская обл.	3211,6	6	16	535,3	18,8	2	6	1605,8
Саратовская обл.	2493,6	4	12	623,4	16	4	5	623,4
Ульяновская обл.	1262,6	2	6	631,3	15,4	1	2	1262,6
Уральский ФО	12276,2	15	61	818,4	12,2	10	25	1227,6
Курганская обл.	869,7	2	4	434,9	22,2	1	2	869,7
Свердловская обл.	4327,6	5	22	865,5	11,6	4	9	1082,0
Тюменская область, в т.ч.:	3582,6	4	18	895,7	11,1	2	7	1791,3
Ханты-Мансийский АО Югра	1613,4							
Ямало-Ненецкий АО	540							
Челябинская обл.	3496,3	4	17	874,1	11,4	3	7	1165,4
Сибирский ФО	19313,9	25	97	772,6	13	21	39	919,7
Республика Алтай	213,5	0	1		0	0	1	
Республика Бурятия	978,6	2	5	489,3	20,4	1	2	978,6
Республика Тува	313,6	0	2		0	1	1	313,6
Республика Хакасия	535,6	0	3		0	0	1	
Алтайский край	2384,7	6	12	397,5	25	3	5	794,9
Забайкальский край	1087,5	1	5	1087,5	10	1	2	1087,5
Красноярский край	2859,8	3	14	953,3	10,3	2	6	1429,9
Иркутская обл.	2415,7	1	12	2415,7	4,2	4	5	603,9
Кемеровская обл.	2725,3	2	14	1362,7	7,4	3	5	908,4
Новосибирская обл.	2746,7	6	14	457,8	22,2	3	5	915,6
Омская обл.	1978,5	2	10	989,3	10	1	4	1978,5
Томская обл.	1074,3	2	5	537,2	20	2	2	537,2
Дальневосточный ФО	6211,4	5	31	1242,3	8,1	7	15	887,3
Республика Саха (Якутия)	956,7	0	5		0	1	2	956,7
Камчатский край	317,2	0	1		0	1	1	317,2
Приморский край	1933,4	0	10		0	1	4	1933,4
Хабаровский край	1338,6	2	7	669,3	15,4	1	3	1338,6
Амурская обл.	809,8	1	4	809,8	12,5	1	2	809,8
Магаданская обл.	148,1	0	1		0	1	1	148,1
Сахалинская обл.	488,3	2	2	244,2	40	1	1	488,3
Еврейская автономная обл.	168,4	0	1		0	0	0	
Чукотский АО	50,8	0			0	0		
Крымский ФО	2294,1	1	11	2294,1	4,3	2	5	1147,1
Республика Крым	1893,2	1	9	1893,2	5,3	1	4	1893,2
Севастополь	400,9	0	2		0	1	1	400,9

на 500 тыс. населения (указано минимально необходимое количество).

Выводы

Исходя из данных, приведенных в табл. 3, можно сделать следующие выводы:

1. Россия отстает от США по количеству ускорителей на 1 млн. населения в 20 раз, а по количеству РТЦ в 10 раз.
2. По разным причинам не работает 10, т.е. 5 % ускорителей.
3. Совершенно очевидна большая разница среди различных регионов России по уровню доступности радиологической помощи и оснащению клиник.
4. Из 83 субъектов РФ в 35 субъектах на 1 РТЦ приходится от 1 до 2 млн. населения, что по уровню соответствует таким странам, как Китай, Иран, Египет, Тайвань, Гондурас и др. странам с довольно слабой радиологией.
5. 3 региона России (Дагестан, Республика Башкирия и Пермский край) по количеству населения на 1 РТЦ (от 2 до 3 млн. человек), т.е. по уровню доступности радиологической помощи соответствуют ситуации в Монголии, Алжире, Зимбабве, Парагвае и др. слаборазвитых странах. Для справки – в Гондурасе 1 РТЦ приходится на 1523,2 тыс. человек.
6. В то время, как в большинстве стран Европы и развитых странах мира количество населения на 1 РТЦ колеблется от 95 тыс. (США) до 800 тыс. (Великобритания), у нас в стране этим параметрам соответствуют 31 регион. Минимальное количество населения в России на 1 РТЦ – (Магадан, Алтай, Еврейскую автономию исключаем, т.к. там нет соответствующего международным стандартам оснащения) от 325 тыс. (Псковская область).
7. По ускорителям ситуация еще более неутешительна. По сравнению с большинством развитых стран, где на 1 ускоритель приходится от 83 тыс. человек (США) до 325 тыс. человек (Польша). В основном уровень оснащения колеблется от 130 до 240 тыс. населения). У нас этим показателям соответствуют 6 регионов (Москва, С.-Петербург, Калужская, Пензенская, Сахалинская области и республика Калмыкия). Причем стоит отметить, что в Калужской области ускорители со сроком службы 20, 19 и 13 лет.

8. В 32 регионах на 1 ускоритель приходится от 352 тыс. (Сев. Осетия) до 1 млн. населения, что сопоставимо с оснащением стран постсоветского пространства.
9. В 22 регионах – на один ускоритель приходится от 1 до 2 млн. населения, как в Китае, Иране, Парагвае, Гондурасе.
10. 23 региона не имеют ускорителей вовсе или на 1 ускоритель приходится более 2 миллионов населения.
11. Стоит отметить, что на юге России (Краснодарский край, Ростовская область) самая наихудшая ситуация. На 1 ускоритель приходится 5453 тыс. и 4242 тыс. населения соответственно (для сравнения во Вьетнаме – 5100 тыс. чел., в Алжире 3933 тыс., в Зимбабве – 3240 тыс., Ливии – 3250 тыс., в Гондурасе – 2538 тыс., в Парагвае – 1340 тыс. населения на 1 ускоритель). Иными словами, во всех перечисленных странах ситуация с доступностью радиологической помощи лучше, чем на юге нашей страны.
12. Слабее всех по количеству РТЦ и оснащению в абсолютных единицах Южный, Дальневосточный и Северо-Кавказский федеральные округа.
13. Разброс по величине коэффициента качества технического оснащения лучевой терапии федеральных округов и самых крупных субъектов Российской Федерации составляет до двух порядков.

Резюме

Усовершенствование радиологической помощи – это процесс, который никогда не заканчивается. Непрерывный цикл планирования, реализации и анализа чрезвычайно важен в качестве движущей силы для дальнейшего совершенствования предоставления медицинских услуг.

Список литературы

1. <http://mhlife.ru/prevention/life-expectancy/cancer.html>.
2. Планирование национальных служб лучевой терапии: практическое пособие. Серия изданий МАГАТЭ по здоровью человека. 2015. № 14. 103 с.
3. Williams M.V., Drinkwater K.J., Geographical variation in radiotherapy services across the

- UK in 2007 and the effect of deprivation, Clin. Oncol. 2009. Vol. 21.
4. Barton M.B., Frommer M., Shafiq J., Role of radiotherapy in cancer control in low-income and middle-income countries // Lancet Oncol. 2006. Vol. 7. P. 584–595.
 5. Jones A., Haynes R., Sauerzapf V., et al. Travel time to hospital and treatment for breast, colon, rectum lung, ovary and prostate cancer // Eur. J. Cancer. 2008. Vol. 44. P. 992–999.
 6. World Health Organization, National Cancer Control Programmes. 2nd edn, WHO, Geneva. 2002.
 7. International Atomic Energy Agency. DIRAC (Directory of Radiotherapy Centres), IAEA. 2009.
 8. Костылев В.А. Медицинская атомная стратегия. Учебное пособие. Сборник научно-методических материалов. – М.: Издательство “Тривант”. 2013. 599 с.
 9. Костылев В.А., Наркевич Б.Я. Медицинская физика. – М.: “Медицина”. 2008. С. 430–442.
 10. <http://www.medicinform.net/rak/rakob3.htm>.
 11. <http://oncofact.info/statistika/>.
 12. <http://www.demoscope.ru/weekly/2013/0577/barom05.php431-40>.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE TECHNICAL EQUIPMENT OF RADIATION THERAPY IN RUSSIA

O.A. Davydova¹, M.V. Kislyakova², V.A. Kostylev^{1,2}, I.V. Nazarov³

¹ Association of Medical physicists in Russia, Moscow, Russia

² Institute of Medical Physics and Engineering, Moscow, Russia

³ National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

This article analyses the radiotherapy status in Russia in comparison with the other countries in the world against a background of cancer death rate. The Assessment of the potential of the country or region to render a radiotherapy service is given. In particular, the authors offer the comparison on the number of accelerators and radiotherapy centers in the regions of Russia. The need for equipment, radiation oncologists and medical physicists per number of patients and population is shown. A simplified method of the quantitative assessment of the quality of the technical equipment of radiotherapy centers is presented.

Key words: *technical equipment, analysis, radiation therapy, assessment of the quality of the technical equipment*

E-mail: kostylev@amphr.ru