

РАЗДЕЛ 2**НАУЧНЫЕ СТАТЬИ****Отдаленные радиологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС для населения Брянской области: солидные раки****Иванов В.К., Дрынова Н.Н., Власов О.К., Щукина Н.В., Эфендиев В.А.***

ГУ – Медицинский радиологический научный центр РАМН, Обнинск

В работе сделан прогноз радиационно обусловленной индукции солидных раков для населения Брянской области по модели Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН). Установлено, что прирост частоты всех солидных раков может составлять до 3 %. Эти данные хорошо согласуются с фактическими данными Национального радиационно-эпидемиологического регистра (НРЭР). Показано, что прирост частоты рака молочной железы у молодых женщин может составить до 10 % за счет радиационного воздействия.

Ключевые слова: *атрибутивный риск, солидные раки, население Брянской области.*

В настоящее время Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) завершает многолетнюю работу по оценке отдаленных радиологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС. В ряде крупномасштабных эпидемиологических исследований было убедительно показано возрастание частоты заболеваемости раком щитовидной железы среди детского населения, подвергшегося радиационному воздействию [7]. Вместе с тем, проведенный радиационно-эпидемиологический анализ, как отмечает НКДАР ООН, не показал прироста заболеваемости всеми другими солидными раками. Этому есть ряд объяснений. Во-первых, дозы облучения населения Брянской области, которая в наибольшей степени подверглась радиационному воздействию, многократно ниже доз облучения жителей городов Хиросима и Нагасаки, которые в 1945 г. подверглись атомной бомбардировке. Во-вторых, латентный период возможной индукции солидных раков составляет, как известно, 10 лет. Поэтому период наблюдения еще недостаточно велик для получения окончательных эпидемиологических выводов.

Учитывая важность решения практических задач региональными органами здравоохранения по минимизации отдаленных радиологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС, в настоящей работе даны прогнозные оценки возможной индукции солидных раков для населения Брянской области на основе базовой модели НКДАР ООН и реальных фактических данных облучаемости населения.

Иванов В.К.* – Первый зам. Председателя РНКРЗ, член-корреспондент РАМН, зам. директора по научной работе; **Дрынова Н.Н.** – аспирант; **Власов О.К.** – зав. лабораторией, д.т.н.; **Щукина Н.В.** – научный сотрудник. ГУ – МРНЦ РАМН. **Эфендиев В.А.** – главный врач Калужского облонкодиспансера.

* Контакты: 249036, Калужская обл., Обнинск, ул. Королева, 4. Тел.: (495) 956-94-12, (48439) 9-33-90; e-mail: nrer@obninsk.com.

1. Модель радиационных рисков НКДАР ООН

При оценке радиационных рисков лиц, подвергшихся облучению, НКДАР ООН рекомендует использовать модель UNSCEAR-94 [9]. Поскольку в зависимости от локализации заболевания эта модель использует различные формы представления связи доза-риск, имеет смысл кратко остановиться на формах представления радиационных рисков. Пусть ожидаемое количество заболеваний есть m_0 , а наблюдаемое количество заболеваний – m . Тогда наблюдаемое количество заболеваний можно выразить через ожидаемое в аддитивной форме:

$$m = m_0 + EAR, \quad (1)$$

где **EAR** – превышение количества наблюдаемых случаев заболеваний над ожидаемым, вызванное облучением. Взаимосвязь m и m_0 может быть выражена и через относительное превышение числа заболеваний **ERR** или в мультипликативной форме:

$$m = m_0(1 + ERR). \quad (2)$$

Так, в модели UNSCEAR-94 аддитивная форма используется для описания заболеваемости лейкозами, а мультипликативная – для заболеваемости солидными раками. Выбор формы модели определяется исходя из условия ее наибольшего соответствия фактическим данным. В общем случае избыточные риски **EAR** и **ERR** зависят от дозы облучения, возраста при облучении, текущего возраста и пола.

Из (1) и (2) следует, что:

$$EAR = m - m_0, \quad (3)$$

$$ERR = (m - m_0)/m_0. \quad (4)$$

Из (3) и (4) следует очевидная связь между величинами, характеризующими превышение естественного уровня заболеваемости:

$$EAR = m_0 \cdot ERR. \quad (5)$$

Согласно общепринятой терминологии, **EAR** – избыточный абсолютный риск (Excess Absolute Risk), **ERR** – избыточный относительный риск (Excess Relative Risk).

По данным [8] для когорты LSS (когорты переживших атомную бомбардировку в городах Хиросима и Нагасаки) относительное превышение риска заболеваемости солидными раками **ERR** на 1 Зв в среднем по всей когорте составляет 0,63. В указанной работе для солидных раков также определена зависимость **ERR** не только от дозы облучения, но и от пола, возраста при облучении и локализации заболевания. Эта зависимость и легла в основу модели UNSCEAR-94. Согласно этой модели радиационно обусловленная заболеваемость солидными раками различной локализации при остром кратковременном облучении представляется в виде избыточного относительного риска **ERR** и имеет вид:

$$ERR(D, g, s, l) = a_{s,l} \cdot D \cdot \exp \{ b_l \cdot (g - 25) \}, \quad (6)$$

где D – доза облучения в Зв, g – возраст на момент облучения, s – пол, l – локализация заболевания. Параметры риска a и b приведены в табл. 1 для различных локализаций заболеваний в зависимости от пола. Форма (6) представления связи облучения и заболеваемости в виде избыточного относительного риска (мультипликативная модель) весьма удобна, поскольку при

расчете индивидуального значения **ERR** не используются показатели фоновой заболеваемости. Статистический анализ данных наблюдений когорты LSS показал, что облучение приводит к увеличению заболеваемости солидными раками только спустя примерно 5-15 лет после облучения. Это так называемый скрытый или латентный период. В UNSCEAR-94 для всех солидных раков латентный период принят равным 10 годам.

Таблица 1

Значения параметров избыточного радиационного риска **ERR для солидных раков различной локализации в зависимости от пола**

	Локализация	МКБ-10	Параметр a , Зв^{-1}		Параметр b , год^{-1}	Характерное время $\tau = b^{-1} $ год
			муж.	жен.		
1	Органы дыхания	C33, C34	0,37	1,06	0,021	47,6
2	Желудок	C16	0,16	0,62	-0,035	28,6
3	Мочевой пузырь	C67	1,00	1,19	0,012	83,3
4	Печень	C22	0,97	0,32	-0,027	37,0
5	Пищевод	C15	0,23	1,59	0,015	66,7
6	Ободочная кишка	C18	0,54	1,00	-0,033	30,3
7	Молочная железа	C50	-	1,95	-0,079	12,6
8	Остальные		0,59	0,39	-0,059	16,9
9	Все солидные раки	C00-C80	0,45	0,77	-0,026	38,5

Обратим внимание на существенную зависимость риска **ERR** от возраста при облучении g и пола s . Параметр b определяет зависимость риска только от возраста на момент облучения и зависит только от локализации заболевания. Величина $|b^{-1}| = \tau$ есть характерное время, в течение которого эффективность воздействия облучения изменяется примерно в три раза. Так, избыточный относительный риск заболевания желудка при облучении в возрасте 20 лет примерно в три раза меньше, чем при облучении в 50-летнем возрасте ($\tau \approx 30$ лет). Риск заболевания органов дыхания и пищевода увеличивается с возрастом при облучении, для других локализаций – риск с возрастом при облучении падает. Забегая вперед, скажем, что при пролонгированном облучении этот факт имеет принципиальное значение: не накопленная индивидуумом доза, а возрастной режим облучения («дозо-временная матрица») определяет риск работника на текущий момент.

На рис. 1 представлены зависимости **ERR** от возраста при облучении для мужчин (а) и женщин (б), получивших однократную дозу облучения 1 Зв. Как видно из рисунка, избыточный относительный риск существенно зависит от возраста при облучении, пола и локализации заболевания. Согласно рис. 1, у мужчин наиболее высокие риски характерны для заболеваний мочевого пузыря, легких и печени. Наименьшие риски – для заболеваний желудка и пищевода. У женщин при облучении в возрасте до 40 лет высоки риски рака молочной железы. Следует отметить существенное различие в рисках у женщин и мужчин. По таким локализациям как легкие, желудок, пищевод и ободочная кишка риски у женщин в 2-8 раз выше, чем у мужчин. По всем солидным ракам риск у женщин почти в два раза выше, чем у мужчин.

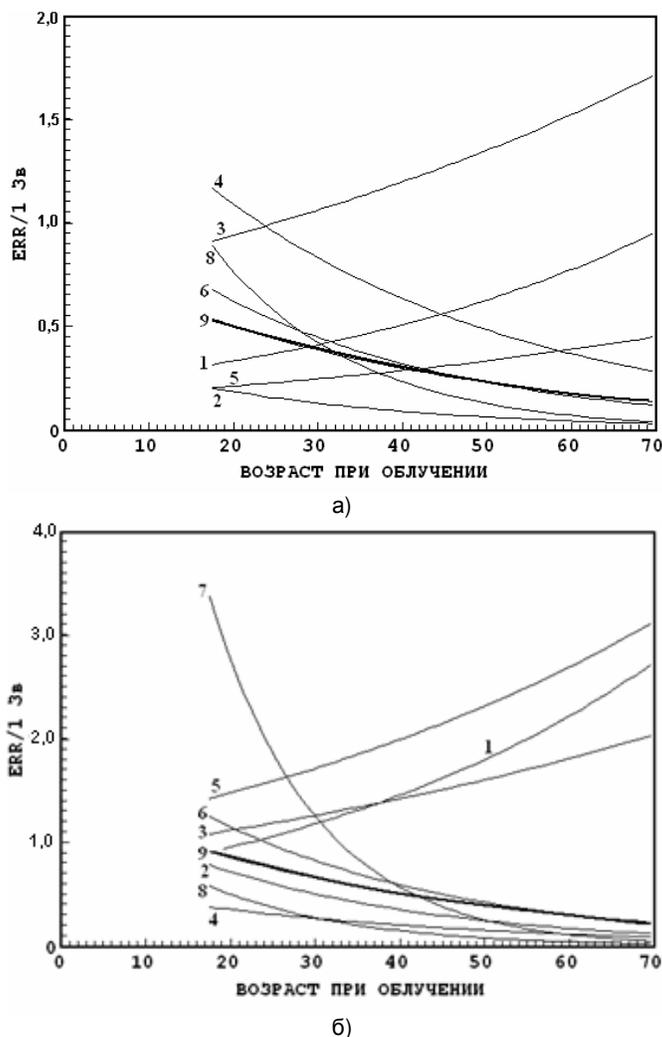


Рис. 1. Зависимость от возраста при облучении избыточного относительного риска онкозаболеваний различной локализации при облучении дозой в 1 Зв для мужчин (а) и для женщин (б). Нумерация кривых согласно табл. 1. Жирной линией (9) показана зависимость для всех солидных раков.

Введем понятие атрибутивного (обусловленного) риска – **AR**. Если через m_0 обозначить ожидаемое (спонтанное) число онкозаболеваний, а через m – наблюдаемое (с учетом радиационного воздействия), то:

$$AR = (m - m_0)/m = EAR/m. \tag{7}$$

Или в терминах избыточного относительного риска:

$$AR = ERR/(1+ERR), \tag{8}$$

откуда следует, что атрибутивный риск **AR** < 1.

В случае исследования облученной когорты или популяции атрибутивный риск показывает, какая доля от всех случаев заболеваний в когорте обусловлена радиационным воздействием.

2. Дозы облучения населения Брянской области

Специфика радиационно-эпидемиологических исследований, проводимых в Национальном радиационно-эпидемиологическом регистре (НРЭР), обуславливает использование дозиметрической информации о годовой динамике эффективных доз облучения населения за весьма протяженный период времени. Между тем, в каталогах [1, 5] приведены данные о дозах внешнего, внутреннего облучения и полных эффективных дозах облучения населения, проживающего в загрязненных областях на территории с плотностью выпадения ^{137}Cs более 37 кБк/м^2 , накопленные за первый год после аварии, по 1995 и по 2005 гг.

Внутреннее облучение населения загрязненной территории Брянской области было эффективно снижено путем поставки «радиационно чистых» пищевых продуктов (молочных, мясных и др.), запретом потребления местных животных и природных пищевых продуктов, специальными мерами в сельскохозяйственном производстве по снижению загрязнения сельскохозяйственной продукции. В соответствии с действующими в первые годы после аварии временно допустимыми нормами на загрязнение продовольственных продуктов питания, в основном мясных и молочных, население не должно было потреблять продукцию, загрязненную выше допустимого уровня. Эти меры также существенно снизили дозы внутреннего облучения населения, особенно в сильно загрязненных районах Брянской области. Поэтому дозы внутреннего облучения населения Брянской области для каталогов [1, 5] рассчитывались на основе регрессионных соотношений, установленных по фактическим материалам радиационного мониторинга за прошедшие годы.

Для реконструкции динамики накопления эффективных доз облучения населения во всех населенных пунктах (НП) Брянской области нами была использована вычислительная схема, разработанная в работе [2].

2.1. Дозы внешнего облучения населения за 1986-2007 гг.

Дозы внешнего облучения за 1986-2007 гг. рассчитывались по методике [6] с использованием в качестве входных базы данных НРЭР о плотностях выпадения ^{137}Cs во всех НП Брянской области (рис. 2).

Как видно из данных на рис. 3, число НП из каталога [5] со значительными отклонениями расчетных величин доз от данных каталога невелико.

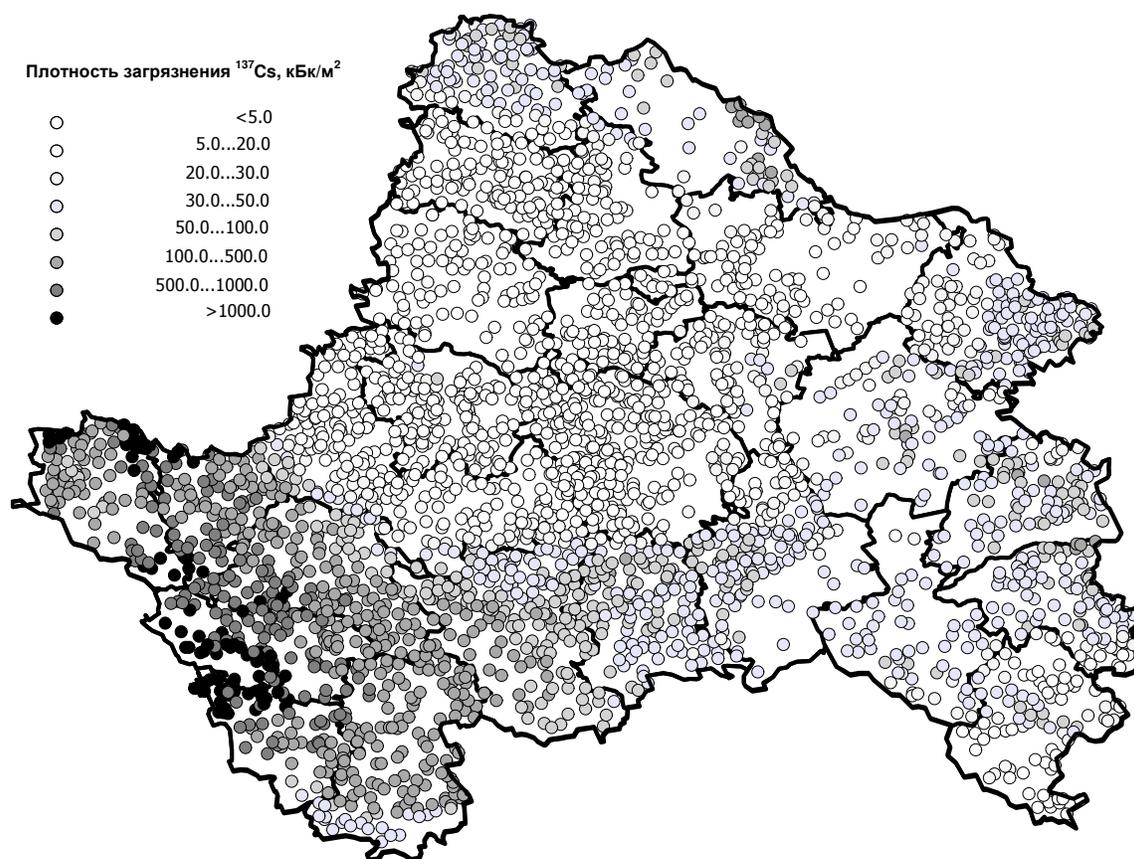


Рис. 2. Карта реконструированных плотностей загрязнения ^{137}Cs населенных пунктов Брянской области.

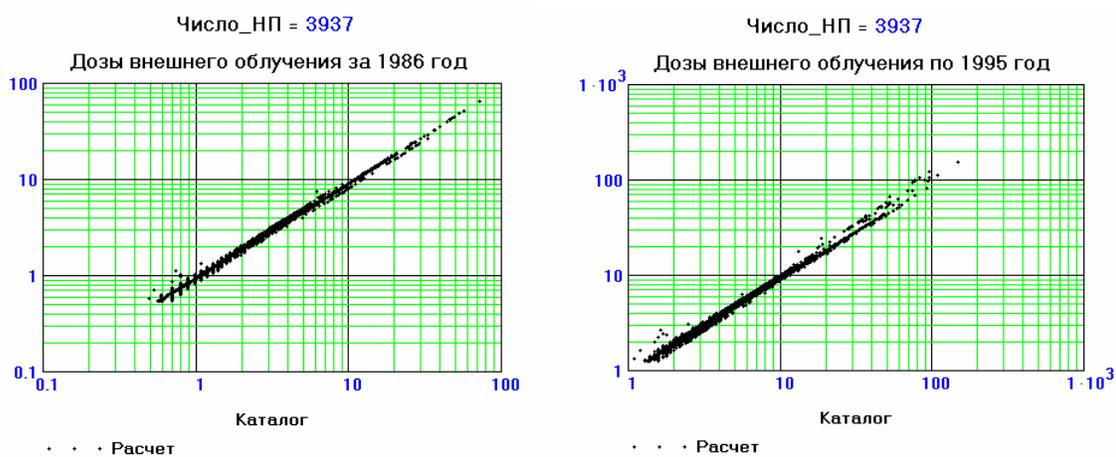


Рис. 3. Накопленные за первый год и по 1995 год дозы внешнего облучения населения по данным каталога [5].

2.2. Дозы внутреннего облучения населения

Реконструкция динамики доз внутреннего облучения населения за 1987-2007 гг. проводилась в соответствии с работой [2] по следующей схеме:

- с использованием методик [6] и базы данных НРЭР о плотностях выпадения ^{137}Cs и преобладающих типах почв по механическому составу в НП рассчитывались дозы внутреннего облучения населения с 1987 по 2007 гг. (обусловленные в основном корневым загрязнением продуктов питания);
- для НП каждой области с одинаковыми типами почв по механическому составу анализировались зависимости отношений доз каталогов [1, 5] к расчетным дозам от плотности выпадения ^{137}Cs в НП;
- для НП с большими отличиями расчетных доз внутреннего облучения с 1987 по 2007 гг. от доз каталогов [1, 5] уточнялись типы почв до тех пор, пока эти отличия не становились минимальными;
- после уточнения типов почв в НП рассчитывались уточненные дозы внутреннего облучения, накопленные с 1987 по 2007 гг. только за счет корневого загрязнения продуктов питания (мясо и молоко за счет корневого загрязнения корма сельскохозяйственных животных).

При реконструкции доз внутреннего облучения населения за первый год после аварии использовалась агро-радиозкологическая модель работы [4]. В качестве входных использовались следующие базы данных:

- плотности выпадения ^{137}Cs в НП;
- расчетные данные об относительном удельном загрязнении ^{137}Cs травы пастбищ на время окончания выпадений радиоактивных продуктов аварии на ЧАЭС во всех 27 районах Брянской области [4] (рис. 4);
- преобладающие типы почв в НП Брянской области [3] (рис. 5).

Реконструкция динамики доз внутреннего облучения населения за этот период производилась по схеме работы [2]:

- с учетом полученного уточнения типов почв в НП рассчитывались аэральные и корневые составляющие доз внутреннего облучения первого года и их сумма: полная доза внутреннего облучения, доли аэральных и корневых составляющих дозы в полную дозу внутреннего облучения;
- для каждого конкретного НП в дозах каталога выделялись аэральные и корневые составляющие части дозы в долях, полученных для расчетных доз;
- аэральные и корневые составляющие части дозы первого года уточнялись путем их нормировки на регрессионные зависимости отношений соответственно аэральных и корневых составляющих частей доз каталога [5] первого года к аналогичным составляющим расчетных доз от плотности выпадения ^{137}Cs :

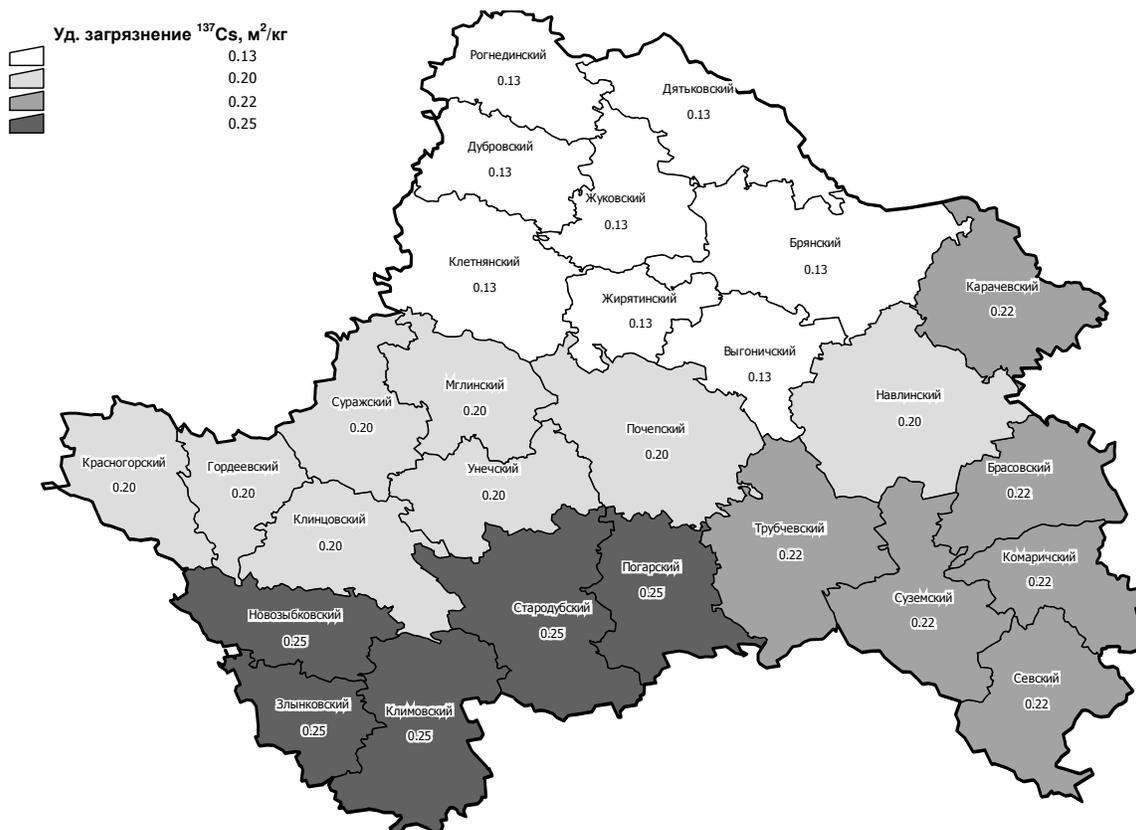


Рис. 4. Относительное удельное загрязнение ¹³⁷Cs травы пастбищ на время окончания выпадений радиоактивных продуктов аварии на ЧАЭС в районах Брянской области.

$$D_{calc}^{cor}(x_{Cs}) = D_{calc}(x_{Cs}) \cdot \frac{D_{cat}^{regr}(x_{Cs})}{D_{calc}^{regr}(x_{Cs})}, \quad (9)$$

где D_{calc}^{cor} – скорректированные составляющие эффективных доз внутреннего облучения первого года, мЗв; x_{Cs} – плотность выпадения ¹³⁷Cs в НП, кБк/м²; D_{calc} – расчетные составляющие эффективных доз внутреннего облучения первого года, мЗв; $D_{cat}^{regr}(x_{Cs})$ – степенные регрессии для составляющих эффективных доз каталога внутреннего облучения первого года, мЗв; $D_{calc}^{regr}(x_{Cs})$ – степенные регрессии для расчетных составляющих эффективных доз внутреннего облучения первого года, мЗв;

- полные дозы внутреннего облучения с 1986 по 2007 гг. рассчитывались как сумма доз первого года с корневой составляющей дозы внутреннего облучения с 1987 по 2007 гг.

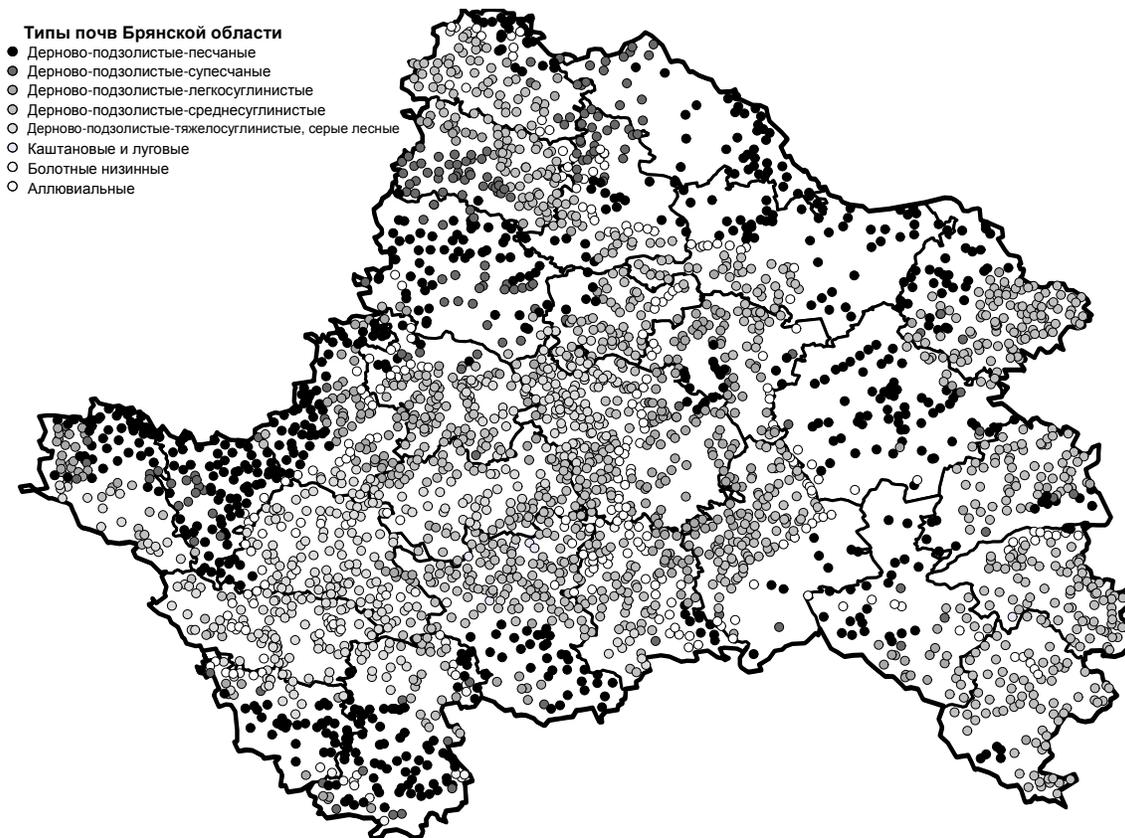


Рис. 5. Почвенная карта Брянской области.

2.3. Результаты реконструкции эффективных доз облучения населения

Зависимости эффективных доз по данным каталогов [1, 5] и расчетных эффективных доз облучения населения от плотностей выпадения ^{137}Cs для всех 905 НП из перечня [1, 5] приведены на рис. 6.

Из данных о динамике накопления эффективных доз в НП Брянской области, нормированных на дозы, накопленные по 2007 г. (рис. 7), видно, что эффективная доза за первый год после аварии может составлять от 0,18 до 0,62. Столь существенный размах возникает из-за различий в динамике накопления доз внешнего и внутреннего облучения населения. Так, динамика накопления доз внешнего облучения населения, кроме изотопного состава и плотности радиоактивных выпадений, определяется еще и типом НП. В то же время, динамика накопления доз внутреннего облучения населения, кроме плотности радиоактивных выпадений $^{134,137}\text{Cs}$, зависит еще и от погодных условий весны-лета 1986 г., типа почв сельхозугодий, продукция с которых входит в рацион местного населения, а также от контрмер, проведенных с целью снижения облучения населения. Сочетание этих параметров приводит к тому, что наименьший вклад дозы первого года в полную накопленную дозу характерен для сельских НП в сильнозагрязненных Красногорском и Клинцовском районах с наиболее ранними датами введения запре-

та на потребление местного молока и с песчаными почвами на кормовых сельхозугодиях. Наибольший вклад дозы первого года в полную накопленную дозу характерен также для сельских НП в слабозагрязненных Погарском и Почепском районах, в которых не было никаких контрмер, с плотностью выпадения ^{137}Cs менее 20 kBк/м^2 и легко-суглинистыми почвами на кормовых сельхозугодиях.

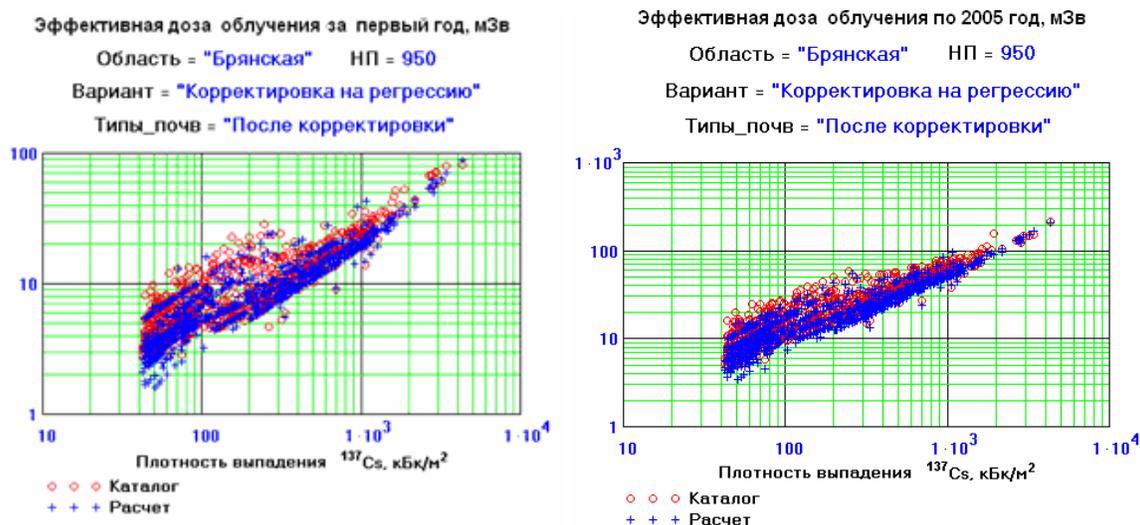


Рис. 6. Зависимости расчетных эффективных доз и эффективных доз по данным каталогов [1, 5] облучения населения Брянской областей от плотностей выпадения ^{137}Cs в населенных пунктах.

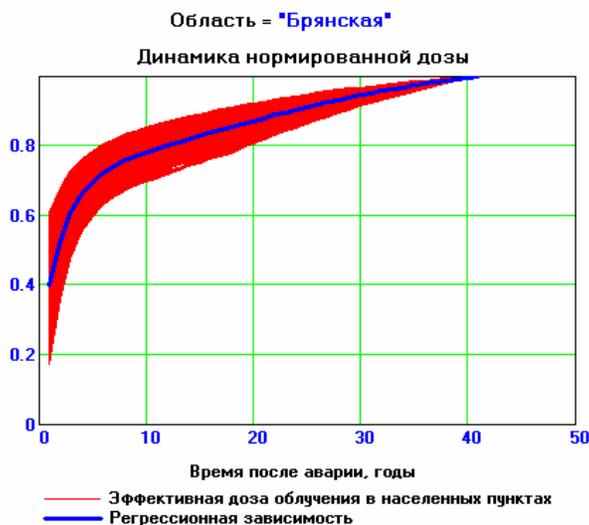


Рис. 7. Динамика накопления эффективных доз населения, нормированных на дозу, накопленную по 2007 г.

Карта эффективных доз облучения взрослого населения, накопленных по 2007 г., приведена на рис. 8.

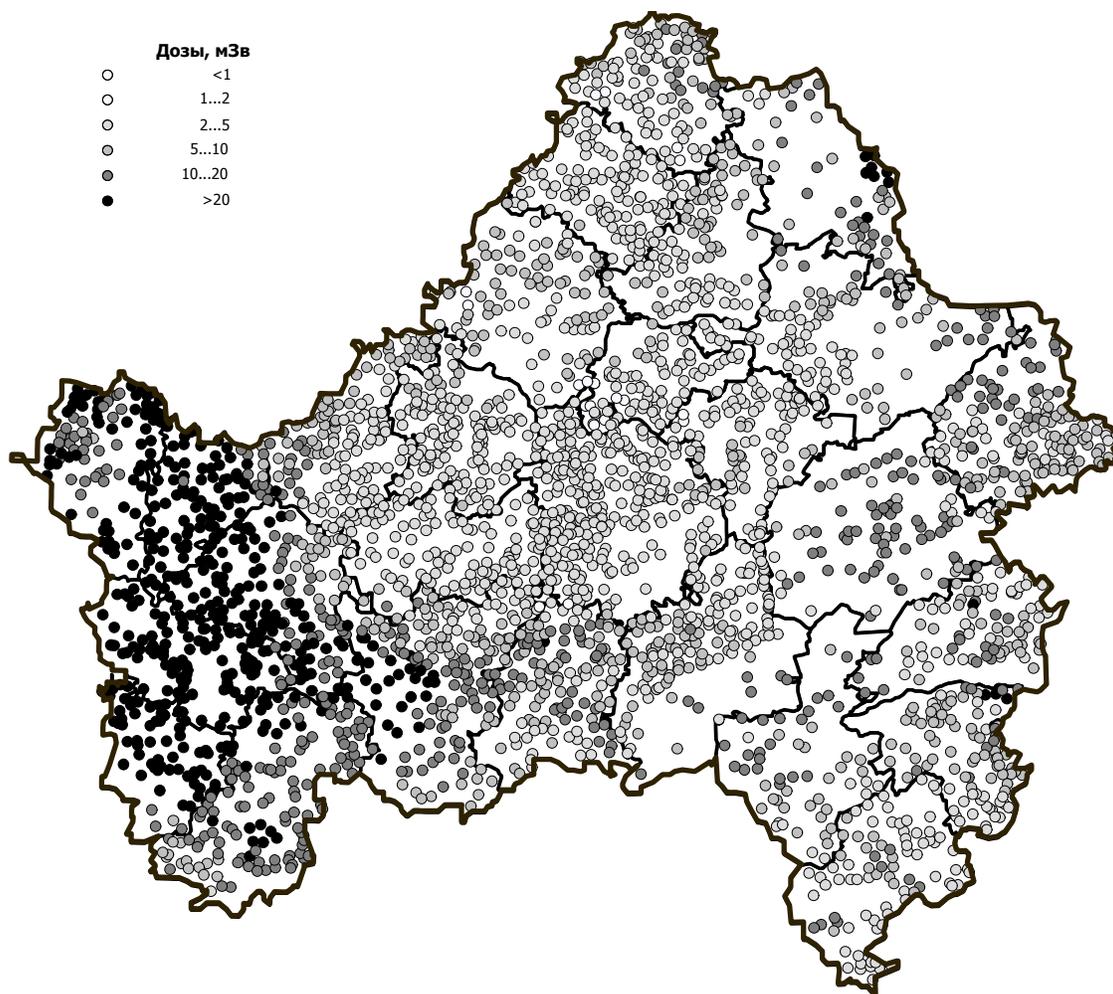


Рис. 8. Эффективные дозы облучения взрослого населения, накопленные по 2007 г., в населенных пунктах Брянской области.

Для расчетов рисков использовались средние по районам эффективные дозы облучения взрослого населения, взвешенные по численности населения в населенных пунктах (рис. 9).

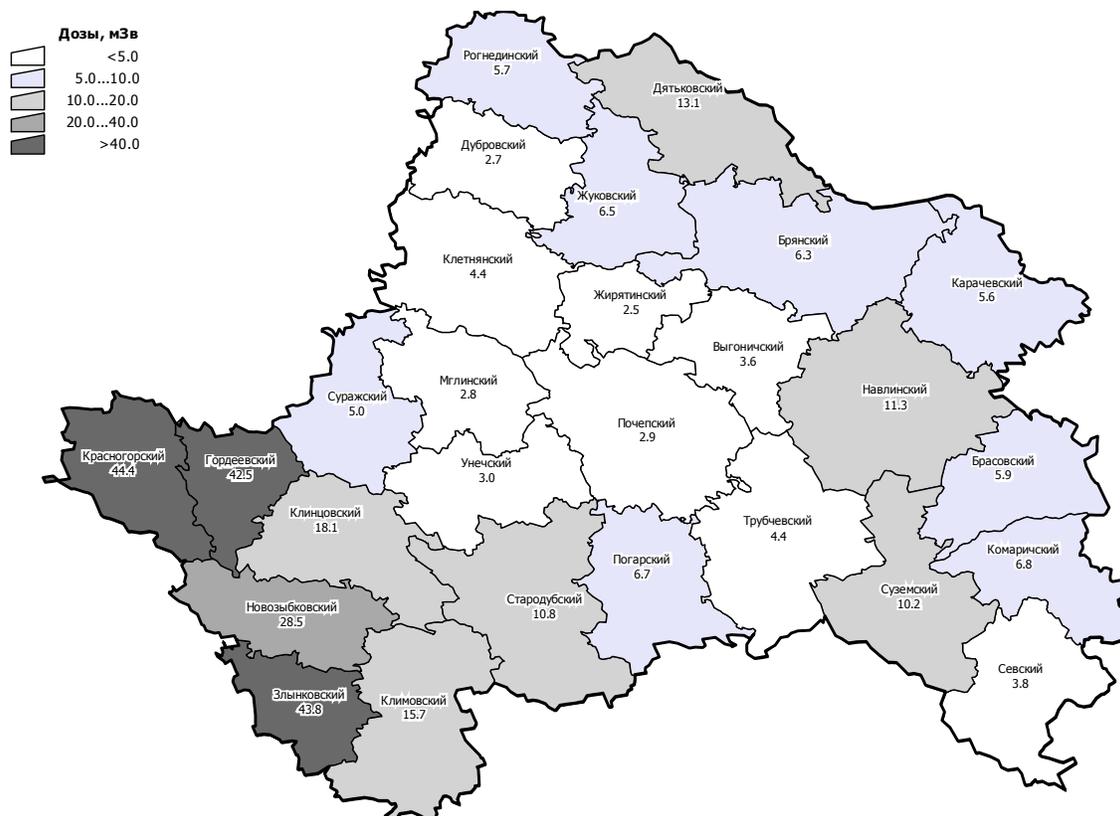


Рис. 9. Эффективные накопленные по 2007 г. дозы облучения взрослого на момент аварии населения, проживающего в Брянской области.

3. Оценка величины атрибутивного риска по солидным ракам

На рис. 10-16 приведены оценки величины избыточного относительного риска (ERR) и атрибутивного риска (AR) по солидным ракам различной локализации для 7 районов Брянской области, население которых в наибольшей степени подверглось радиационному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Рассмотрены три возрастные на 2008 г. группы – 22 года, 40 лет и 60 лет. Как видно из этих рисунков, величина атрибутивного риска по всем солидным ракам не превышает 3 %. Это означает, что доля радиационно обусловленных солидных раков среди всех наблюдаемых солидных раков не превышает 3 %. Понятно, что в эпидемиологических исследованиях такой незначительный прирост солидных раков крайне сложно обнаружить физически. Вместе с тем, из данных рисунков также видно, что прирост радиационно обусловленных раков молочной железы у женщин в возрасте 22 года в 2008 г. в указанных районах может достигать 10 %. Этот результат имеет важное значение для органов практического здравоохранения при планировании оказания адресной медицинской помощи (рис. 17).

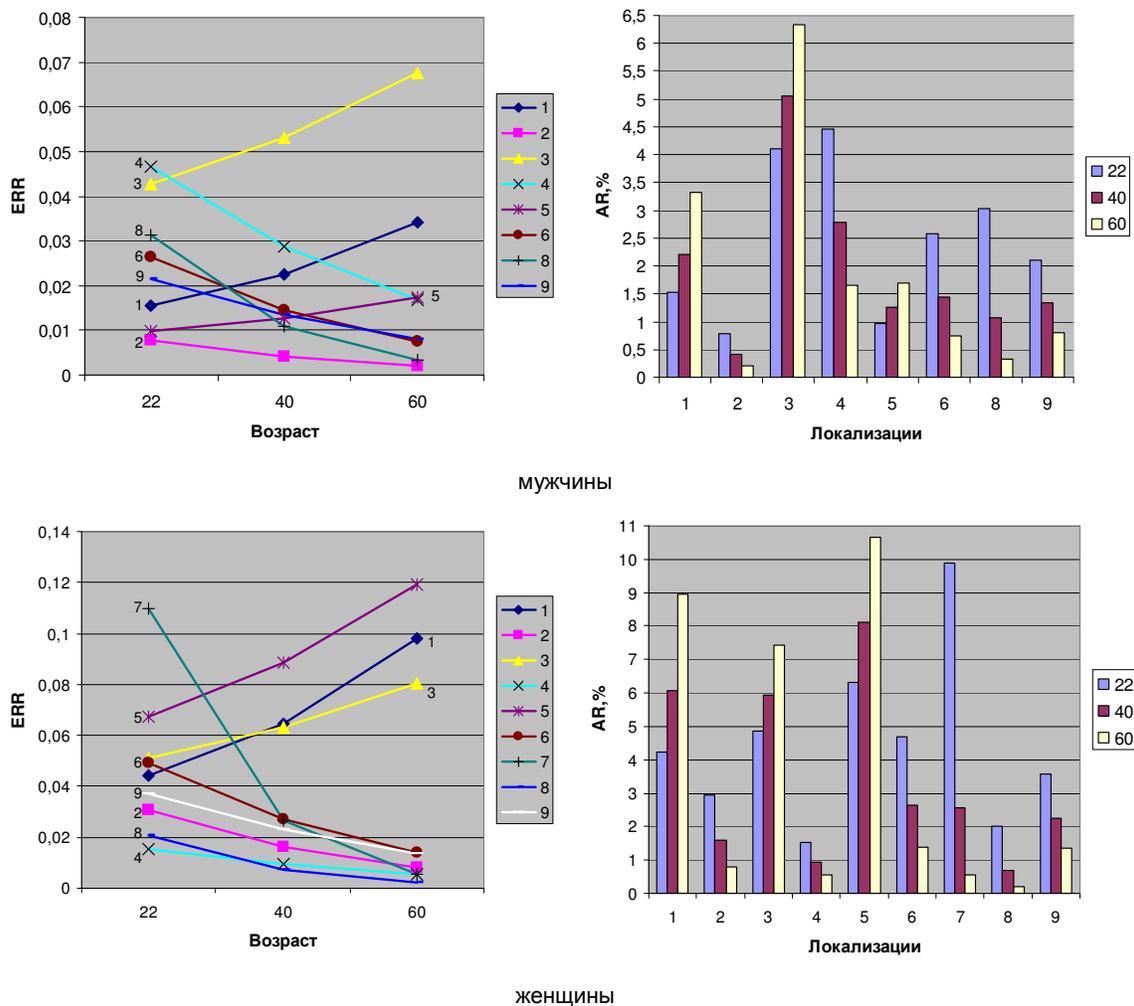


Рис. 10. Величина избыточного относительного риска (ERR) и атрибутивного риска (AR) для различных возрастных групп и локализаций солидных раков (Красногорский район).
 1 – органы дыхания; 2 – желудок; 3 – мочевого пузыря; 4 – печень; 5 – пищевод;
 6 – ободочная кишка; 7 – молочная железа; 8 – остальные; 9 – все солидные раки.

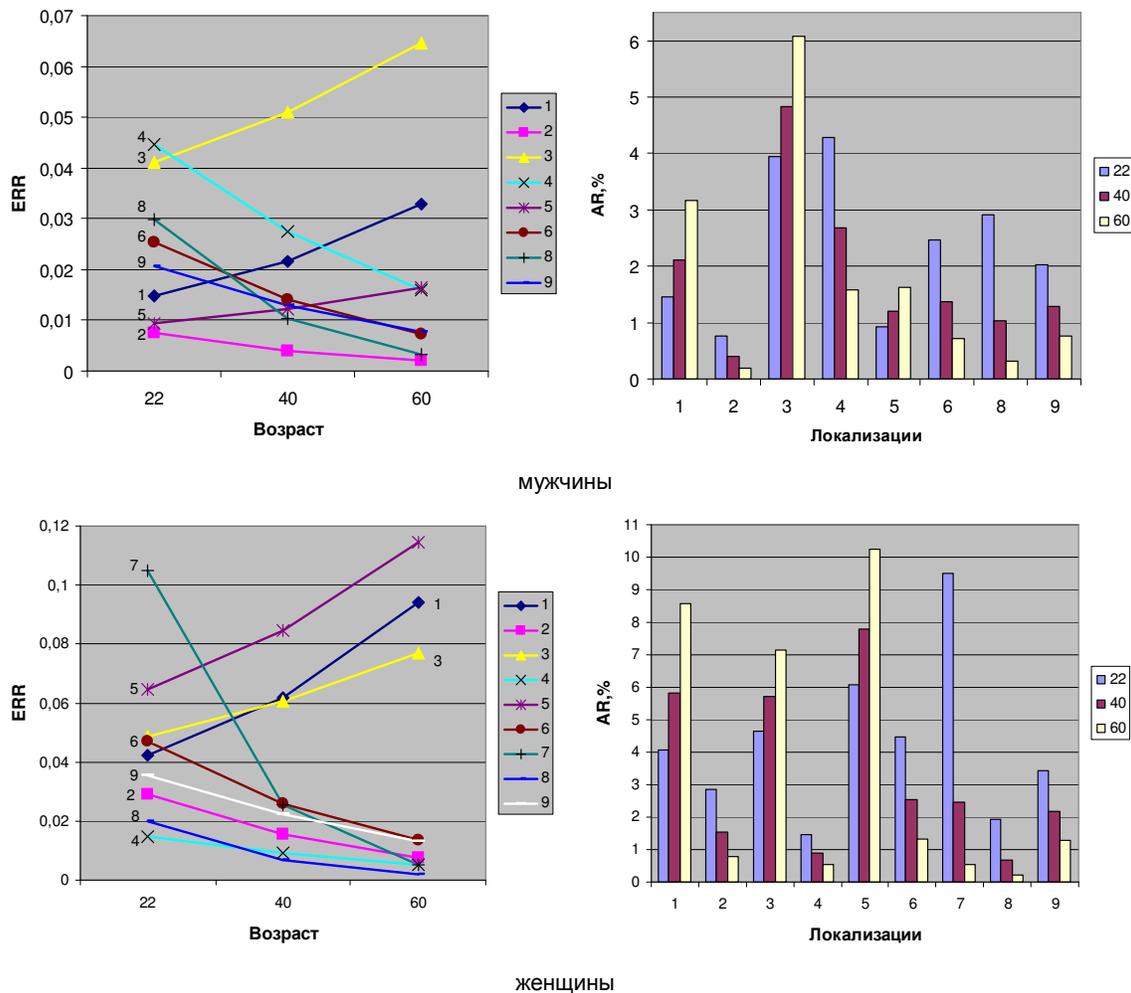


Рис. 11. Величина избыточного относительного риска (ERR) и атрибутивного риска (AR) для различных возрастных групп и локализаций солидных раков (Гордеевский район).
 1 – органы дыхания; 2 – желудок; 3 – мочевого пузыря; 4 – печень; 5 – пищевод;
 6 – ободочная кишка; 7 – молочная железа; 8 – остальные; 9 – все солидные раки.

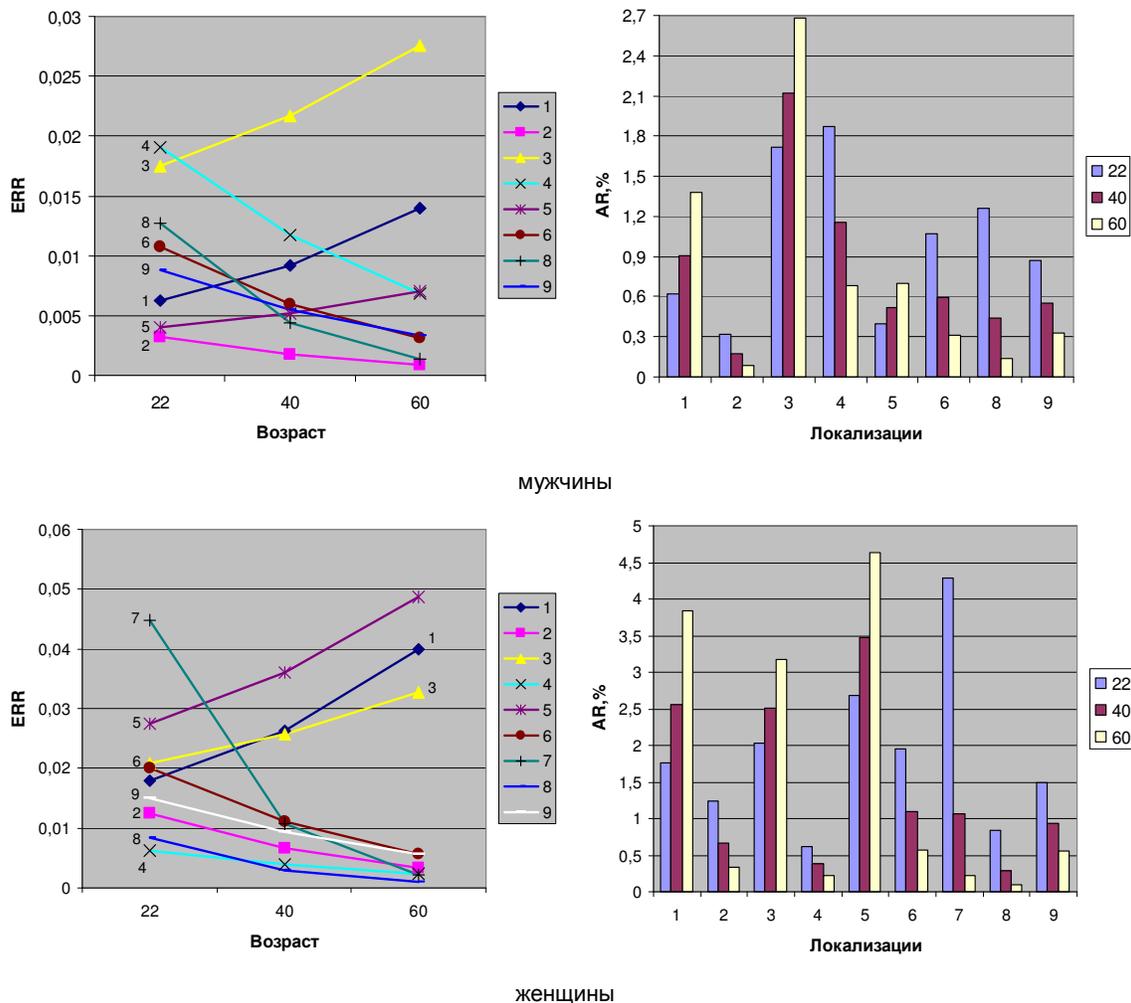


Рис. 12. Величина избыточного относительного риска (ERR) и атрибутивного риска (AR) для различных возрастных групп и локализаций солидных раков (Клинцовский район).
 1 – органы дыхания; 2 – желудок; 3 – мочевой пузырь; 4 – печень; 5 – пищевод;
 6 – ободочная кишка; 7 – молочная железа; 8 – остальные; 9 – все солидные раки.

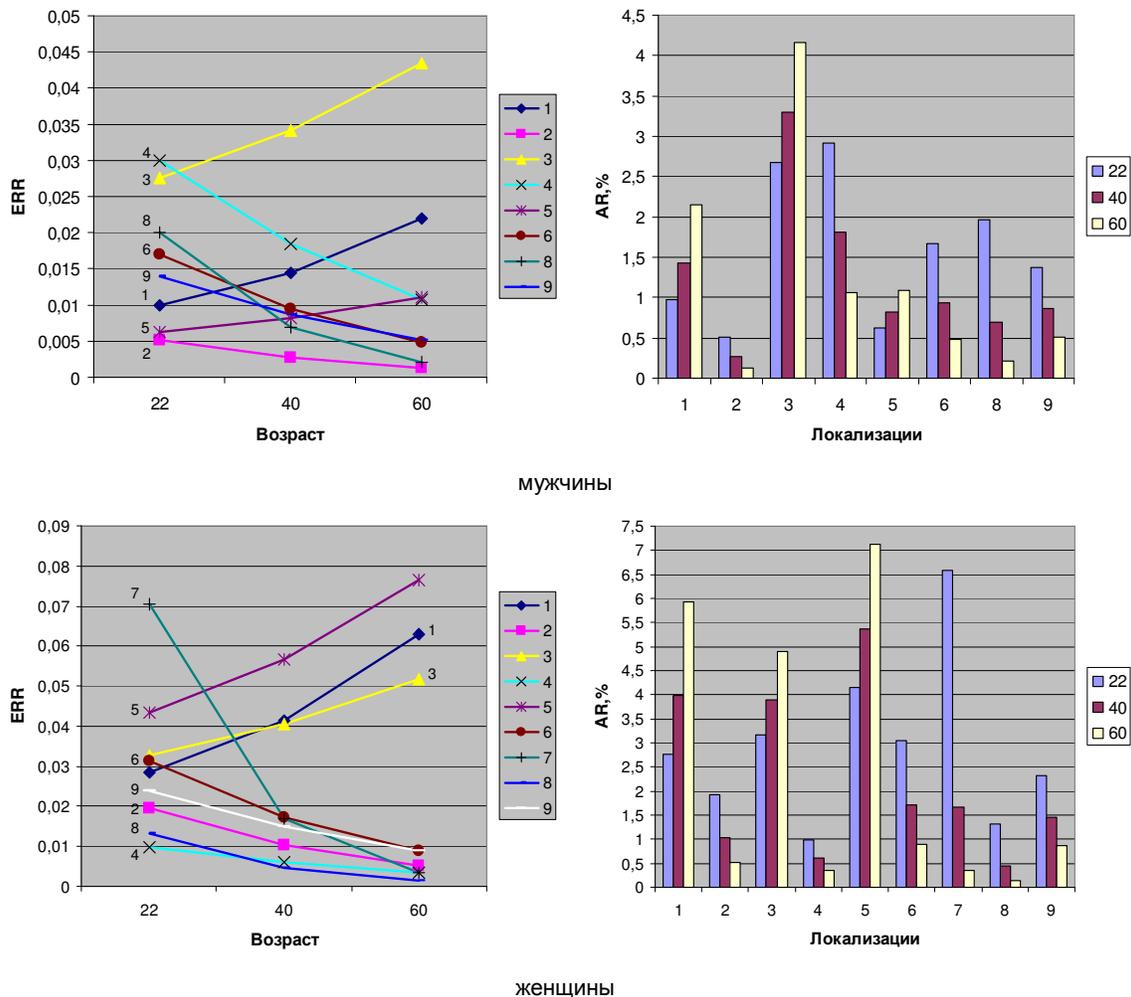


Рис. 13. Величина избыточного относительного риска (ERR) и атрибутивного риска (AR) для различных возрастных групп и локализаций солидных раков (Новозыбковский район).
 1 – органы дыхания; 2 – желудок; 3 – мочевого пузыря; 4 – печень; 5 – пищевод;
 6 – ободочная кишка; 7 – молочная железа; 8 – остальные; 9 – все солидные раки.

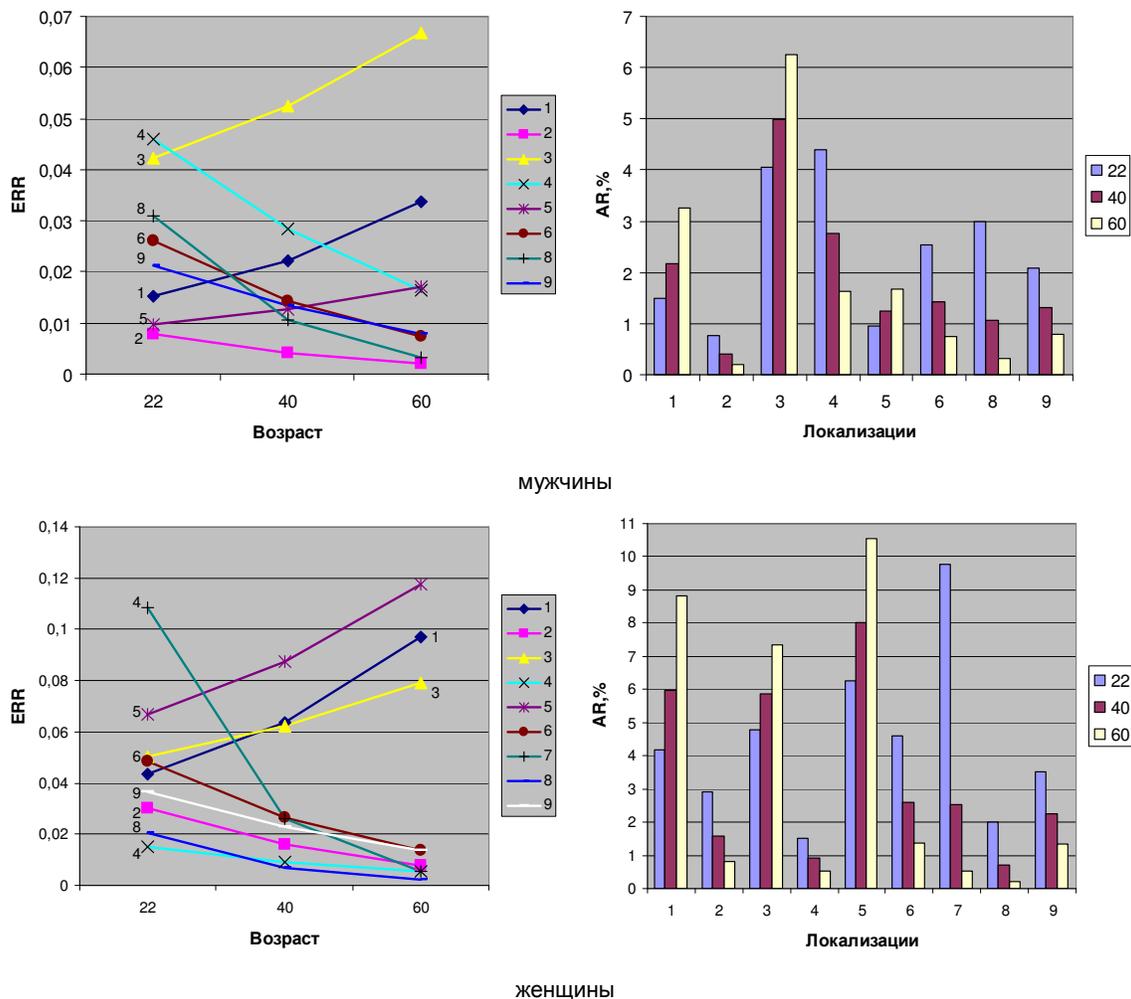


Рис. 14. Величина избыточного относительного риска (ERR) и атрибутивного риска (AR) для различных возрастных групп и локализаций солидных раков (Злынковский район).
 1 – органы дыхания; 2 – желудок; 3 – мочевого пузыря; 4 – печень; 5 – пищевод;
 6 – ободочная кишка; 7 – молочная железа; 8 – остальные; 9 – все солидные раки.

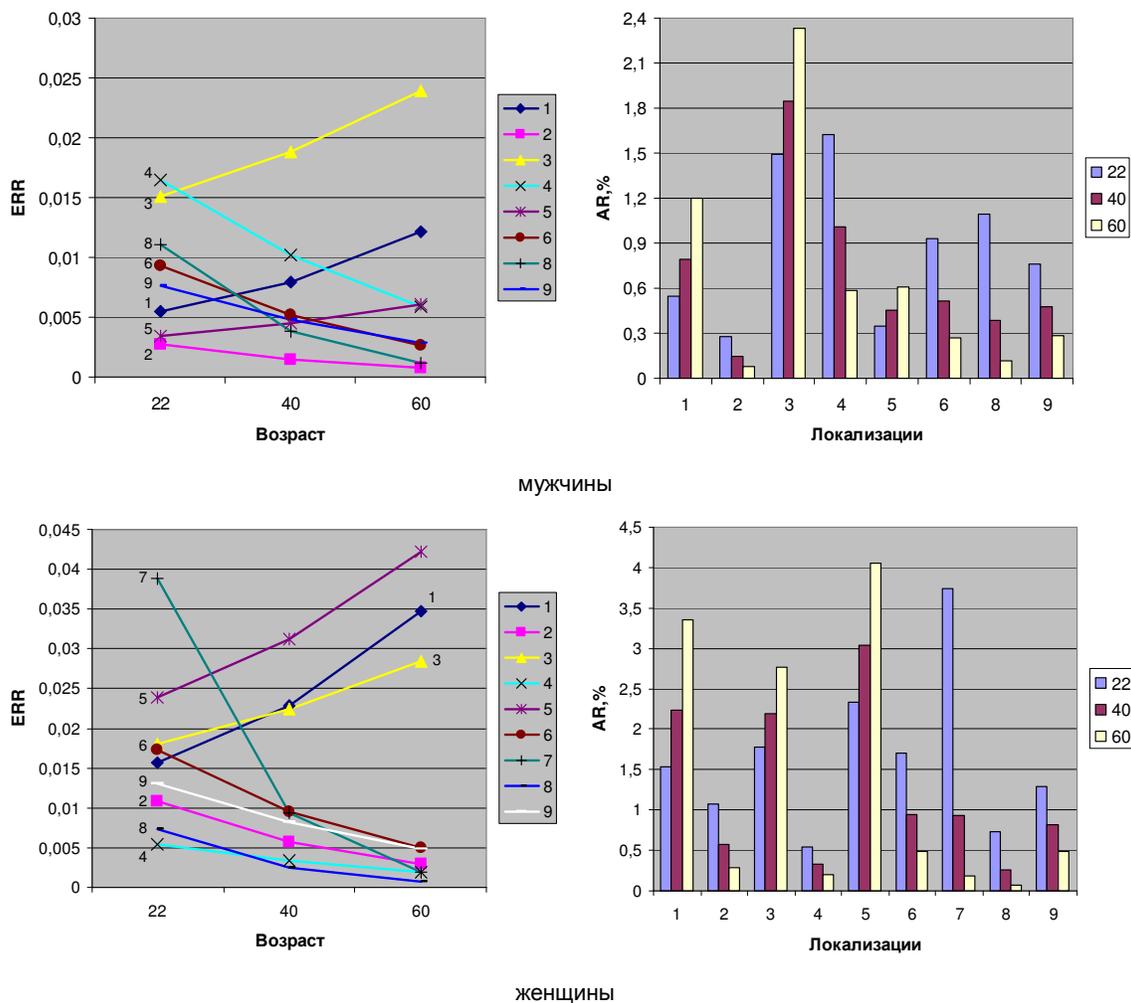


Рис. 15. Величина избыточного относительного риска (ERR) и атрибутивного риска (AR) для различных возрастных групп и локализаций солидных раков (Климовский район).
 1 – органы дыхания; 2 – желудок; 3 – мочевого пузыря; 4 – печень; 5 – пищевод;
 6 – ободочная кишка; 7 – молочная железа; 8 – остальные; 9 – все солидные раки.

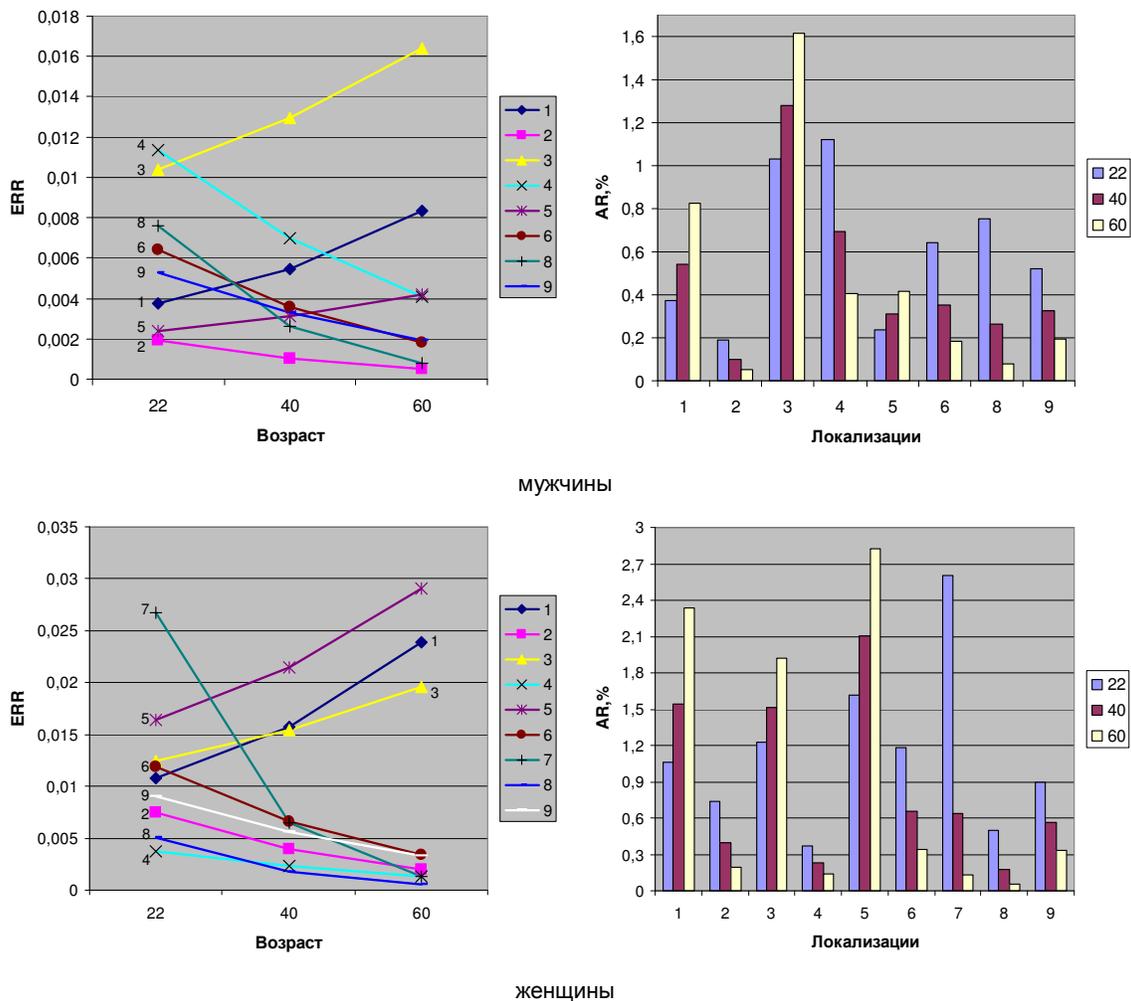


Рис. 16. Величина избыточного относительного риска (ERR) и атрибутивного риска (AR) для различных возрастных групп и локализаций солидных раков (Стародубский район).
 1 – органы дыхания; 2 – желудок; 3 – мочевого пузыря; 4 – печень; 5 – пищевод;
 6 – ободочная кишка; 7 – молочная железа; 8 – остальные; 9 – все солидные раки.

На рис. 18, 19 приведены данные по оценке атрибутивного риска солидных раков (мужчины, женщины, возраст 22 года в 2008 г.) для всех районов Брянской области. Фактические данные Национального регистра действительно свидетельствуют об отсутствии статистически значимого прироста частоты солидных раков в Брянской области в 2005-2006 гг.

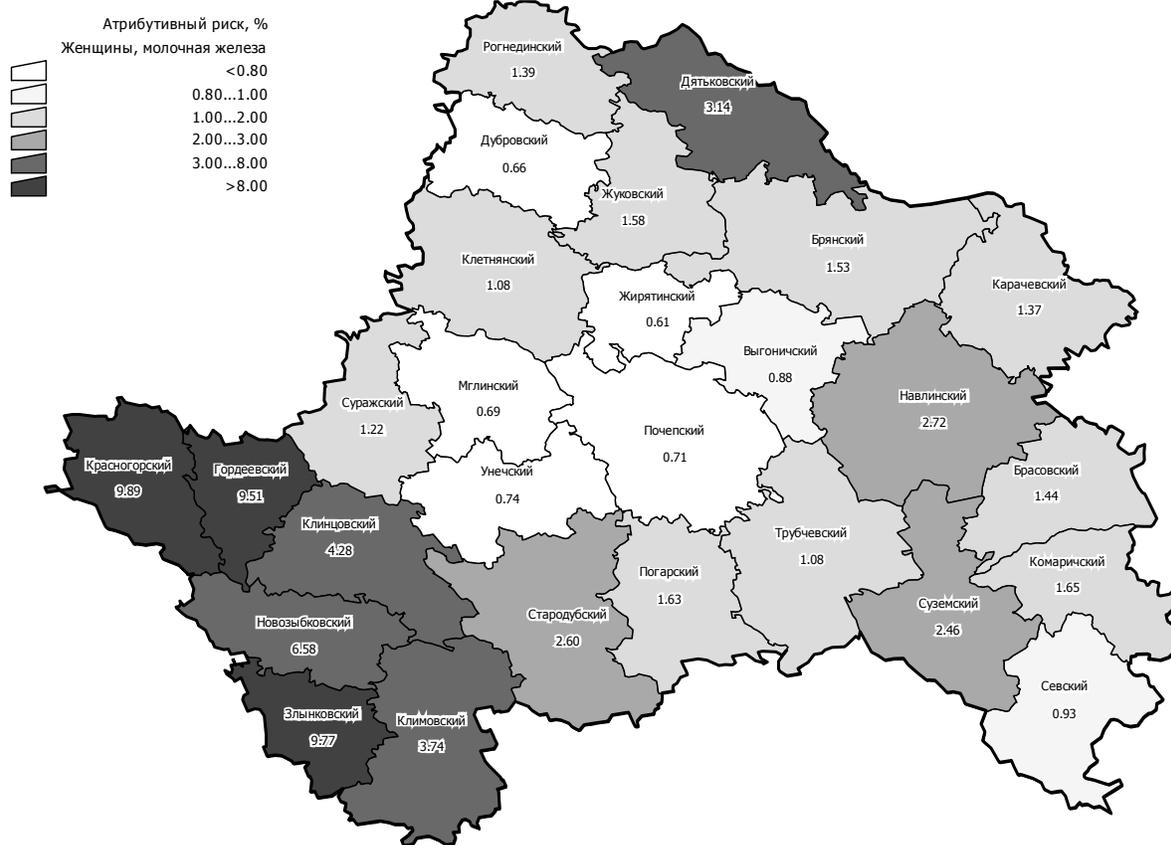


Рис. 17. Радиационные атрибутивные риски рака молочной железы у женщин Брянской области.

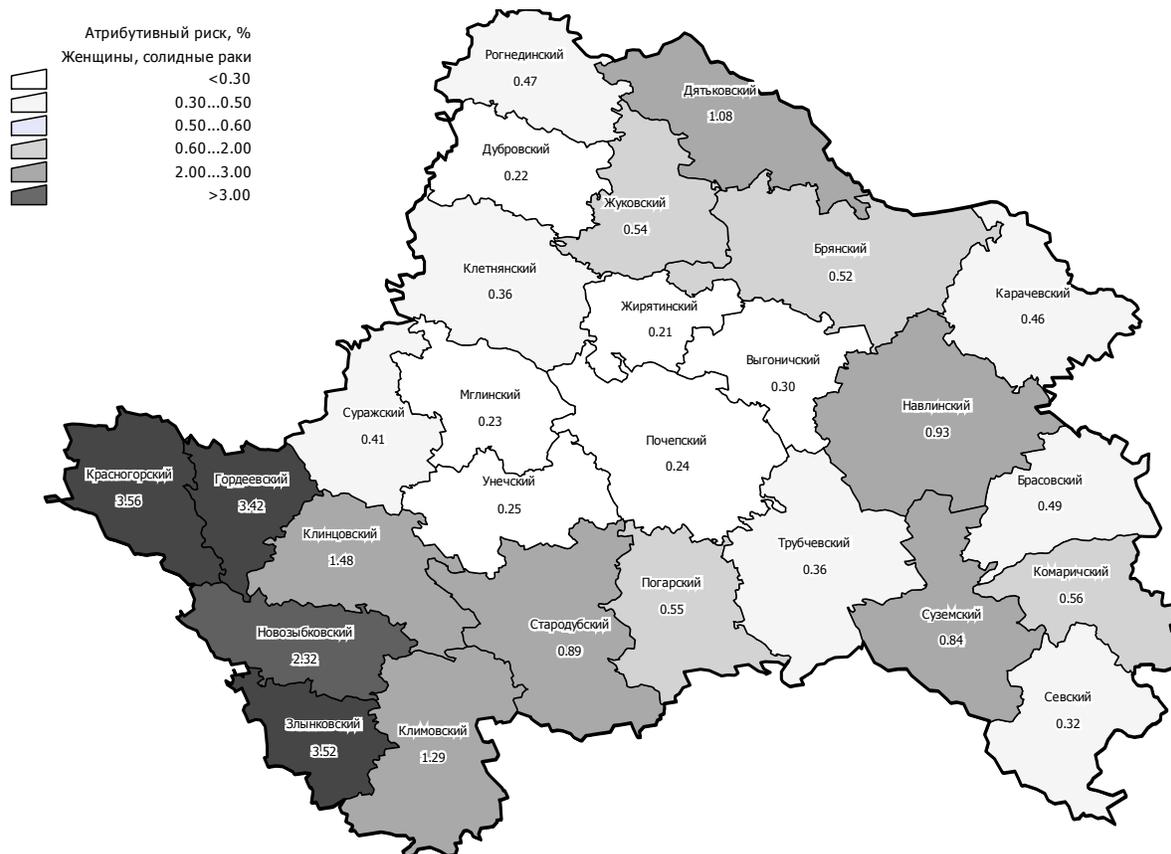


Рис. 18. Радиационные атрибутивные риски солидных раков у женщин Брянской области.

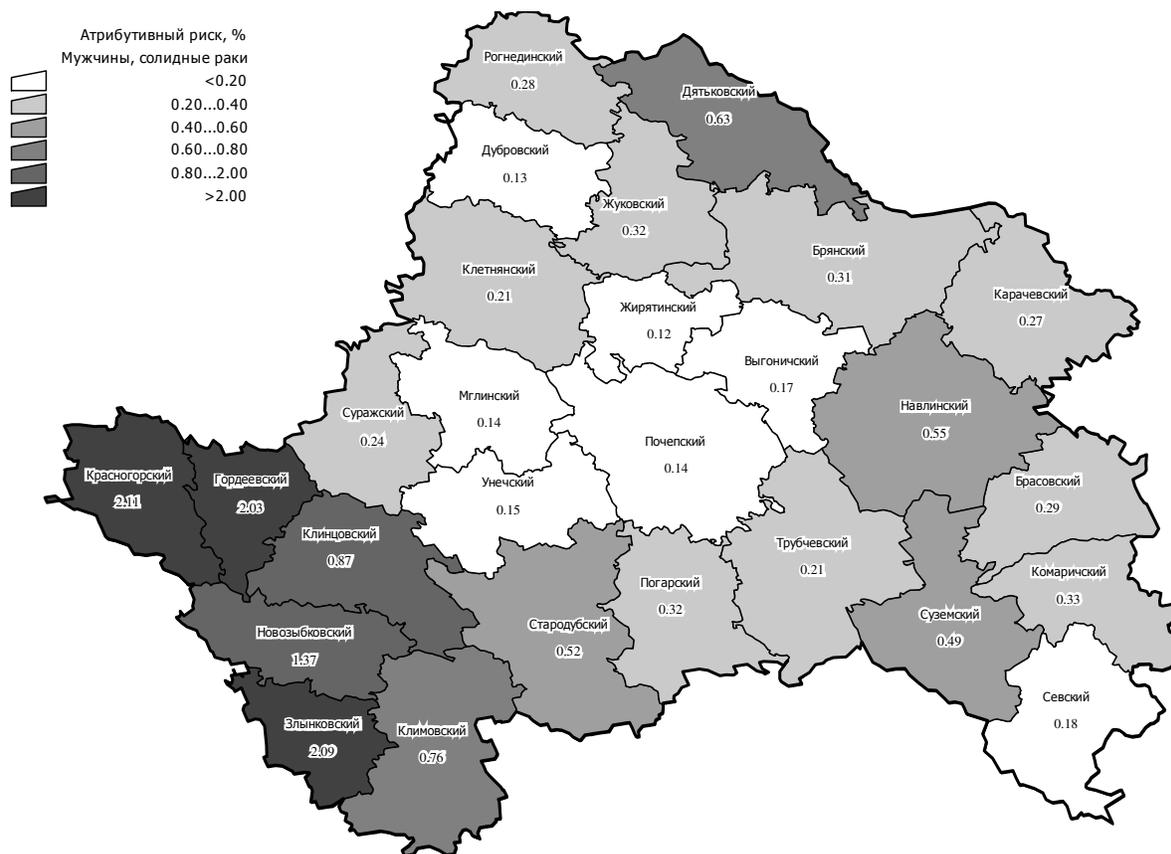


Рис. 19. Радиационные атрибутивные риски солидных раков у мужчин Брянской области.

Литература

1. Брук Г.Я., Балонов М.И., Власов А.Ю. и др. Средние накопленные за 1986-2005 годы эффективные дозы облучения жителей населенных пунктов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей РФ, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения по постановлению Правительства РФ № 1582 от 18 декабря 1997 г. «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» //Радиация и риск. 2007. Т. 16, № 1. С. 3-73.
2. Власов О.К. Схема реконструкции динамики доз внутреннего облучения населения на основе консервативных допущений, принятых в официальных методиках и при расчетах доз для каталогов //Радиация и риск. 2007. Т. 16, № 2-4. С. 109-133.
3. Власов О.К., Годько А.М., Щукина Н.В., Коробова Е.М. Реконструкция динамики эффективных доз облучения населения, проживающего на загрязненной в результате аварии на ЧАЭС территории, по официальным данным //Радиация и риск. 2007. Т. 16, № 2-4. С. 92-108.
4. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Максютов М.А. и др. Медицинские радиологические последствия Чернобыля для населения России: оценка радиационных рисков. М.: Медицина, 2002.
5. Накопленные в 1986-1995 годах средние эффективные дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году //Радиация и риск. 1999. Специальный выпуск.
6. Оценка доз облучения населения Российской Федерации вследствие аварии на Чернобыльской АЭС: Сборник методических документов. Санкт-Петербург, 2006. 180 с.
7. Ivanov V.K., Gorski A.I., Tsyb A.F. et al. Radiation-epidemiological studies of thyroid cancer incidence among children and adolescents in the Bryansk oblast of Russia after the Chernobyl accident (1991-2001 follow-up period) //Radiat. Environ. Biophys. 2006. V. 45, N 1. P. 9-16.
8. Thompson D.E., Mabuchi K., Ron E. et al. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part II: Solid tumors, 1950-1986 //Radiation Research. 1994. V. 137. P. S17-S67.
9. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. New York: United Nations, 1994.

Delayed radiological consequences of the Chernobyl accident in population of the Bryansk oblast: solid cancers

Ivanov V.K., Drynova N.N., Vlasov O.K., Shchukina N.V., Efendiev V.A.

Federal Institution – Medical Radiological Research Center of RAMS, Obninsk

Prognosis of induction of radiation related solid cancers in population of the Bryansk oblast was made with the use of UNSCEAR model. It was found that the increase in the rate of all solid cancers could be up to 3 %. Calculated and actual data of the National Radiation and Epidemiological Registry were in good agreement. The contribution of radiation to increase of the rate of breast cancer in young women can be up to 10 %.

Key words: *attributable risk, solid cancers, population of the Bryansk oblast.*