

АНАЛИЗ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ОНКОЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПОСЁЛКОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

В. Ф. Рапута¹, Т. В. Ярославцева²

¹ *Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Новосибирск*

² *Новосибирский НИИ гигиены Роспотребнадзора, 630108, Новосибирск*

551.511.42.001.572(571.14)

Предложена модель реконструкции региональных пылеарозольных выпадений ^{137}Cs и ^{90}Sr от стационарных источников Сибирского химического комбината. Выполнен совместный численный анализ данных наблюдений, реконструкции радиоактивного загрязнения и онкозаболеваемости населения ряда посёлков Томской области. В зависимости от расстояния от источников и направления выноса выполнены оценки вклада радиационного фактора на развитие заболеваемости.

Ключевые слова: радионуклид, загрязнение, модель, реконструкция, заболеваемость.

Введение

Объективная оценка рисков онкологических заболеваний при воздействии ионизирующей радиации является актуальной проблемой радиационной эпидемиологии. При отсутствии радиационных техногенных загрязнений, основную часть облучения население получает от естественных источников радиации, при этом около 50 % годовой дозы — за счет продуктов распада радона. Опасность для населения представляют дочерние продукты его распада — изотопы висмута, свинца и полония, атомы которых, оседая на мельчайших частях пыли, образуют радиоактивные аэрозоли. Попадание таких аэрозолей в организм приводит к увеличению вероятности онкологических заболеваний органов дыхания [1].

Значительный вклад в радиоактивное загрязнение Томской области внёс Сибирский химический комбинат (СХК), находящийся в 10–12 км от г. Томска и функционирующий с 1953 г. Только в 30 километровой зоне влияния его газоаэрозольных выбросов расположено несколько десятков населённых пунктов с населением около 650 тыс. человек, включая города Северск и Томск [2]. Производственная деятельность СХК сопровождалась образованием большого количества радиоактивных выбросов примесей в атмосферу. Весьма значительные загрязнения территорий различными радионуклидами фиксировалось на расстояниях 30–40 км от промышленной зоны комбината [1].

1 Восстановление полей региональных выпадений радионуклидов от СХК

Численное описание полей концентраций примесей в атмосфере на значительных удалениях от источника допускает значительные упрощения. Установлено, что, начиная с расстояний порядка 7–10 км от источника, распределение концентрации примеси практически выравнивается по высоте слоя перемешивания. На таких расстояниях влияние ряда параметров становится не существенным. К ним следует отнести высоту источника, скорость оседания аэрозольных частиц, коэффициент вертикального турбулентного обмена и т.д. В

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН, проект 18.

этом случае поле осредненной за длительный промежуток времени концентрации от точечного источника описывается соотношением [3]

$$\bar{q}(r, \varphi) = \frac{M \cdot g(\varphi)}{2\pi \cdot u \cdot h \cdot r} \quad (1)$$

где r, φ — полярные координаты расчетной точки с началом в месте расположения источника, $g(\varphi)$ — вероятность противоположного φ направления ветра на высотах пограничного слоя атмосферы, M — мощность источника, u, h — средняя скорость ветра и толщина слоя перемешивания.

Полагая плотность аэрозольных выпадений пропорциональной концентрации примеси в воздухе, получим, что для каждого фиксированного направления выноса имеет место соотношение

$$\Phi(r) = \frac{\theta}{r} \quad (2)$$

Здесь $\theta = \frac{\lambda \cdot M}{2\pi \cdot u \cdot h}$, λ — коэффициент взаимодействия примеси с подстилающей поверхностью.

С использованием модели оценивания (2) и данных измерений пылеаэрозольных отложений ^{137}Cs и ^{90}Sr в чердачных помещениях жилых и производственных зданий 24 населённых пунктов Томской обл. [4] проведена численная реконструкция полей радиоактивного загрязнения территорий выбросами ядерно-энергетического комплекса СХК в 100-километровой зоне. Схема размещения обследованных населённых пунктов представлена на рис. 1.

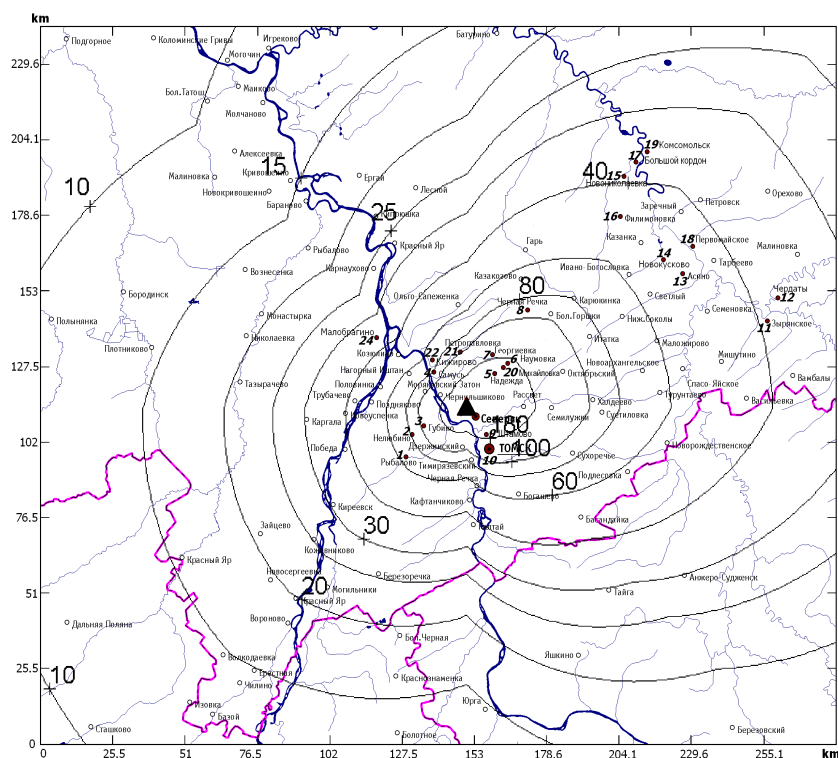


Рис. 1: Схема отбора проб в населённых пунктах Томской области. Численная реконструкция поля выпадений ^{137}Cs (Бк/м²). ● — обследованные населённые пункты, ▲ — основной источник выбросов радионуклидов

Для восстановления плотности выпадений радионуклидов для конкретного створа выноса использовались измерения в одном из посёлков, находящемся в этом створе. В частности, для северо-восточного сектора в качестве опорного населённого пункта были выбраны п.п. Георгиевка, Михайловка (рис. 2), в направлении на северо-запад — п. Самусь, в южном направлении — п. Штамово.

Согласие численно восстановленных и измеренных плотностей выпадений радионуклидов по направлениям выноса оказалось вполне удовлетворительным [2]. Проведённое оценивание показало, что максимальный вынос радионуклидов происходил в северо-восточном направлении и превышает вынос в северо-западном

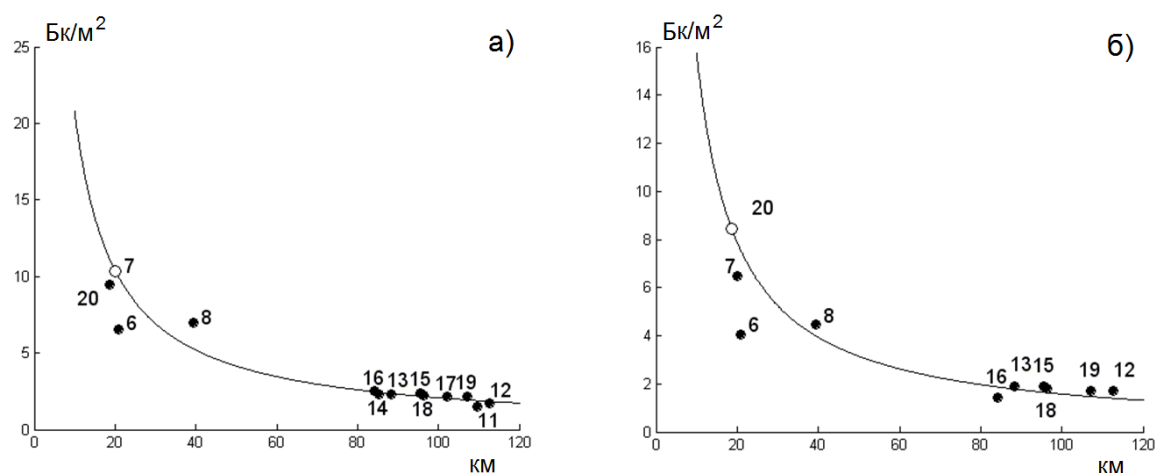


Рис. 2: Восстановленная по модели (2) нормированная на повторяемость направлений ветра плотность выпадений ^{137}Cs (а) и ^{90}Sr (б) в посёлках к северо-востоку от СХК. о — опорные, • — контрольные точки наблюдений

направлении примерно в 7-8 раз [5]. Однако, для получения более точной пространственной картины распределения радионуклида, кроме розы ветров, необходим более детальный учёт климатических характеристик распределения скоростей ветра и высот слоя перемешивания по направлениям выноса.

2 Совместный анализ данных пылеаэрозольных выпадений радионуклидов и онкозаболеваемости населения.

На основе разработанной модели реконструкции регионального загрязнения стационарными источниками СХК и данных наблюдений была проведена оценка вклада радиационного фактора в онкозаболеваемость населения посёлков Томской обл., находящихся в зоне влияния газоаэрозольных выбросов этого комбината. Интенсивность онкозаболеваемости населения посёлков представлялась в виде следующей суммы слагаемых

$$S = R + F, \quad R = C \cdot P \quad (3)$$

где R — заболеваемость, обусловленная радиационным фактором, F — фоновая составляющая, P — измеренная в населённом пункте плотность пылеаэрозольных выпадений радионуклида (Бк/м²), C — коэффициент пропорциональности.

По данным измерений плотности выпадений и результатов обследований онкозаболеваемости не менее чем в двух посёлках, неизвестные параметры C , F могут быть найдены из решения системы двух линейных уравнений, составленных на основе соотношений (3). С учётом определённых требований в качестве опорных населённых пунктов могут быть выбраны п.п. Асино и Малобрагино, находящиеся на северо-восточном и северо-западном направлениях выноса соответственно. Население п. Асино составляет около 30 тыс. человек, измеренная плотность пылеаэрозольных выпадений ^{137}Cs на чердаках жилых зданий этого посёлка составила 47.4 Бк/м², интенсивность общей онкозаболеваемости составила 296.9 $^0/_{0000}$. Население п. Малобрагино около 400 человек, измеренная плотность пылеаэрозольных выпадений ^{137}Cs — 19.3 Бк/м², интенсивность общей онкозаболеваемости — 228.8 $^0/_{0000}$.

Выбор п. Асино в качестве опорного был обусловлен следующими причинами: посёлок находится на направлении преобладающего сноса радиоактивных примесей от СХК и в нём проживает существенно большее по численности население (по сравнению с другими посёлками), что обеспечивает более высокую степень оценивания онкозаболеваемости по данным диспансеризации. Согласно розе ветров, п. Малобрагино наоборот находится на направлении невысокого сноса радионуклидов со стороны СХК. В нём был экспериментально зафиксирован один из наиболее низких уровней пылеаэрозольных выпадений ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Заболеваемость и смертность от злокачественных новообразований изучалась на основании официальной учетно-отчетной документации Томского областного онкологического диспансера и базы данных лаборатории эпидемиологии ГУ НИИ онкологии СО РАМН за 1993–2006 гг. [6]. Адекватность модели (3) проверялась

Таблица 1: Результаты оценивания по модели (3) интенсивных показателей общей заболеваемости злокачественными новообразованиями в посёлках Томской обл. (на 100 тыс. населения) в зависимости от плотности выпадений ^{137}Cs (Бк/м²) в зоне влияния СХК

Населенный пункт	Прогнозная оценка заболеваемости	Результаты обследований	Плотность выпадений ^{137}Cs (Бк/м ²)
1. Самусь	264.1	193.6	34
2. Новокусково	294.3	284.5	46.6
3. Новониколаевка	285.2	253.1	42.8
4. Филимоновка	297.7	243.9	48
5. Наумовка	494.5	398.9	130
6. Рыбалово	357.7	364.3	73
7. Нелюбино	271.3	312.5	37
8. Губино	254.5	326	30

на данных измерений ^{137}Cs и результатов обследований онкозаболеваемости населения для 8 населённых пунктов Томской области с численностью населения более 400 человек в каждом. В этих поселках отмечалась корреляционная связь между плотностью пыле-аэрозольных выпадений ^{137}Cs и общей онкозаболеваемостью населения [7]. Результаты оценивания представлены на рис. 3 и табл. 1.

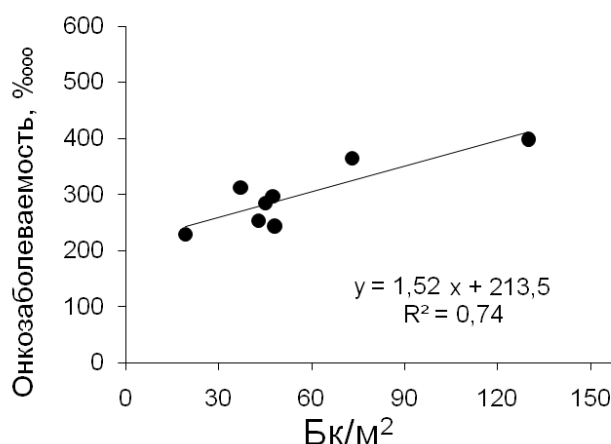


Рис. 3: Корреляционная зависимость между плотностью пыле-аэрозольных выпадений ^{137}Cs в поселках Томской области и общей онкозаболеваемостью их населения в зоне влияния выбросов СХК

Анализ результатов моделирования показывает удовлетворительное согласие прогнозных оценок данным обследования заболеваемости населения контрольных посёлков. Довольно высокий уровень соответствия имеет место для поселков 2–5, находящихся северо-восточнее СХК и на преобладающем направлении выноса радионуклидов от стационарных источников. Для п. Самусь, находящегося северо-западнее СХК, оценка заболеваемости получилась несколько выше результатов обследования. Для п.п. 6–8 имеет место немонотонный характер изменения плотности пылеаэрозольных выпадений ^{137}Cs в зависимости от расстояния до источников СХК. Возможно, в этом случае имели также место дополнительные факторы радиационного воздействия, связанные с аварийными выбросами радионуклидов от производств СХК.

3 Заключение

Проведённое теоретическое исследование и анализ на его основе данных натурных наблюдений показывает возможность вполне адекватной реконструкции картины радиоактивного загрязнения территорий в рамках достаточно простых регрессионных зависимостей, базирующихся на асимптотических свойствах решений

полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии. Необходимо отметить, что в данном исследовании ^{137}Cs и ^{90}Sr следует рассматривать скорее всего как трассерные радионуклиды, так как эксплуатация производств комбината была связана с существенными выбросами в атмосферу радиоактивных газов, изотопов йода, а также аэрозольных примесей, содержащих уран-234, 235, 238, плутоний-239, америций-241.

При интерпретации полученного материала необходимо учитывать, что злокачественные образования являются полиэтиологичными заболеваниями, факторами риска развития которых является не только радиационное воздействие, но достаточно сложная совокупность таких факторов, как химическое воздействие, демографические показатели, образ жизни, конституциональные особенности организма и др. При воздействии на человека "малых" доз ионизирующего излучения радиационный фактор не доминирует, а конкурирует с другими факторами. Существенным вкладом в решение этой задачи может явиться генетический анализ, который позволит уточнить наличие биологических последствий влияния радиации на состояния здоровья населения, проживающего в зоне влияния СХК.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 18.

Список литературы

- [1] Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 1997. 383 с.
- [2] Экологический мониторинг. Состояние окружающей среды Томской области в 1998 г. Томск, 1999. 231 с.
- [3] Рапута В.Ф., Королёва Г.П., Горшков А.Г., Ходжер Т.В. Исследование процессов длительного загрязнения окрестностей Иркутска тяжелыми металлами // Оптика атмосферы и океана. 2001. Т. 14, № 6–7. С. 623–626.
- [4] Меркулов В.Г., Глухов Г.Г., Резчиков В.И. Использование пылеаэрозольных выпадений для радиационного мониторинга окружающей среды // Труды междунар. конф. "Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека Томск, Изд-во Томского политехнического университета, 1996, С. 464–467.
- [5] Климат Томска. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 176 с.
- [6] Писарева Л.Ф., Одинцова И.Н., Бояркина А.П., Чердынцева Н.В., Воевода М.И., Белявская В.А., Рапута В.Ф., Чойнзонов Е.Л. Заболеваемость и смертность от злокачественных новообразований населения, проживающего в зоне влияния Сибирского химического комбината // Сибирский онкологический журнал. 2009. № 6. С. 28–37.
- [7] Писарева Л.Ф., Одинцова И.Н., Рапута В.Ф., Воробьёв В.А., Ананина О.А. Анализ состояния длительного радиоактивного загрязнения и онкозаболеваемости населения посёлков Томской области в зоне регионального влияния выбросов Сибирского химического комбината / Материалы IV международ. конф. "Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека". Томск: Изд-во ТПУ. 2013. С. 408–411.

*Владимир Федотович Рапута — д.ф.-м.н., гл. науч. сотр.
Института вычислительной математики и
математической геофизики СО РАН;
e-mail: raputa@sscc.ru;*

*Татьяна Владимировна Ярославцева — к.т.н., ст. науч. сотр.
Новосибирского НИИ гигиены Роспотребнадзора;
e-mail: tani-ta@list.ru.*

Дата поступления — 30 апреля 2017 г.