

ЛИТЕРАТУРА

1. Баулин В.В. Влияние тектоники на мерзлотные процессы // Известия АН СССР. Серия: География. 1970. № 6. С. 17–28.
2. Белоусов А.Ф. Системный анализ в науках о Земле // Геология и геофизика. 1979. № 9. С. 3–12.
3. Бондарик Г.К. Геокибернетика — инструмент диагностики и прогнозирования состояний природных и природно-технических систем // Геоэкология. 2012. № 4. С. 364–371.
4. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерная геология. Вопросы теории и практики. Философские и методологические основы геологии: учебное пособие. М.: ИД КДУ, 2015. 296 с.
5. Бондарик Г.К. Эколого-геологическая проблема и природно-технические системы. М.: Икар, 2004. 240 с.
6. Ганова С.Д., Пендин В.В. Особенности воздействия объектов транспорта углеводородов на состояние окружающей среды в районах распространения многолетнемерзлых грунтов // Изв. вузов. Геология и разведка. 2005. № 3. С. 50–56.
7. Геоэкологические подходы к проектированию природно-технических геосистем / Под ред. Т.Д. Александрова. М.: ИГАН, 1985. 287 с.
8. Голодковская Г.А., Елисеев Ю.Б. Инженерная геология — наука о геологической среде // Геоэкология. 1990. № 3. С. 8–15.
9. Гречишев С.Е. и др. Криогенные физико-геологические процессы и их прогноз / С.Е. Гречишев, Л.В. Чистотинов, Ю.Л. Шур. М.: Недра, 1980. 320 с.
10. Дементьев Л.Ф. Выделение систем в геологическом пространстве // Системный подход в геологии. М.: Наука, 1989. С. 3–6.
11. Ершов Э.Д. Общая геокриология: Учеб. для вузов. М.: Изд-во МГУ, 2002. 683 с.
12. Иванова В.Л. Природные системы и геоэкология. Владивосток: Дальнаука, 2000. 84 с.
13. Коломенский Н.В. Общая методика инженерно-геологических исследований. М.: Недра, 1968. 260 с.
14. Королев В.А., Николаева С.К. Геоэкологическая оценка зон влияния инженерных сооружений на геологическую среду // Геоэкология. 1994. № 5. С. 48–59.
15. Месарович М. Основания общей теории систем // Общая теория систем. М.: Мир, 1966. С. 15–48.
16. Павлов А.Н. Основы системного подхода в геологии. Л., 1981. 84 с.
17. Пендин В.В. Комплексный количественный анализ информации в инженерной геологии. М.: ИД КДУ, 2009. 354 с.
18. Ретеюм А.Ю., Долгушин И.Ю. Геотехнические системы // Природа, техника, геотехнические системы. М.: Наука, 1978. С. 187–196.
19. Черняев В.Ф. Системы и управление в инженерной геологии // Инженерная геология. 1988. № 5. С. 3–21.
20. Щарапов И.П. Применение системного анализа в геологии // Система. Симметрия. Гармония. М.: Мысль, 1988. С. 156–170.

УДК 504.064.2

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО ГАММА-ФОНА И ВЕЛИЧИНЫ КОНЦЕНТРАЦИИ ДОЛГОЖИВУЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs И ^{90}Sr В ПОЧВАХ ГОРОДОВ-КУРОРТОВ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

И.С. ПОМЕЛЯЙКО

ООО «Нарзан-гидроресурсы»

357700, Россия, Ставропольский край, г. Кисловодск, ул. Кирова, 43; e-mail: i.pomelyayko@yandex.ru

Проведена оценка мощности эквивалентной дозы гамма-излучения городов-курортов региона Кавказских Минеральных Вод. При проведении радиационно-экологического мониторинга в Железноводске были обнаружены аномалии, в которых измеренные значения сильно отличались от остальных показателей. Установлено, что для большей части исследованной территории мощности дозы гамма-излучения соответствуют требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов. В рамках оценки экологического состояния городской территории выполнены радиогеохимические исследования почв курортов КМВ, по результатам которых были установлены концентрации долгоживущих техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Результаты мониторинга свидетельствуют, о том, что максимальные концентрации радионуклидов зафиксированы в почвах Железноводска, где их средние значения превосходят аналогичные показатели по РФ в четыре раза по ^{137}Cs и в 13 раз по ^{90}Sr . Минимальные концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr характерны для почв г. Кисловодска. По содержанию в почвах ^{137}Cs и ^{90}Sr в Ессентуках превалирует опасный, в Железноводске — чрезвычайно опасный, в Кисловодске — умеренно опасный уровни загрязнения почв. Полученные результаты свидетельствуют, что при экологической оценке территории региона КМВ, применение оценочных критериев без учета радиационной обстановки может привести к ложному заключению о величине антропогенной нагрузки. На основании полученных сведений был сделан вывод о необходимости дальнейших радиоэкологических наблюдений в данном регионе.

Ключевые слова: курорты региона КМВ; радиационно-экологический мониторинг; гамма-излучение; долгоживущие радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr .

THE ESTIMATION OF RADIATION GAMMA-BACKGROUND AND CONCENTRATION OF LONG-LIVING TECHNOGENIC RADIONUCLIDES OF ^{137}Cs AND ^{90}Sr IN SOILS OF CITY-RESORTS OF CAUCASIAN MINERAL WATERS

I.S. POMELYAYKO

Limited Liability Company «Narzan-hydroresources»
357700, Russia, Kislovodsk, Kirov Street, 43, e-mail: i.pomelyayko@yandex.ru

The equivalent dose rate of gamma radiation of the resort cities of the Caucasian Mineral Waters (CMW) region has been estimated. During the radiation-ecological monitoring in Zheleznovodsk, anomalies have been found in which the measured values were very different from the rest. For most of the area studied, the dose rates of the gamma radiation have been established to meet the requirements of the sanitary rules and hygienic standards. As a part of the assessment of the ecological state of the urban area, the radio-geochemical studies of the soils of the resorts of the CMW have been carried out, according to which the concentrations of the long-lived technogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr have been established. The results of the monitoring indicate that the maximum radionuclide concentrations have been recorded in the soils of Zheleznovodsk, where their average values exceed the corresponding values for Russia by 4 times for ^{137}Cs and 13 times for ^{90}Sr . The minimum concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr are characteristics of the soils of Kislovodsk. According to the content of ^{137}Cs and ^{90}Sr soils, a dangerous level of the soil contamination is prevailing in Yessentuki, an extremely dangerous one — in Zheleznovodsk, a moderately dangerous one — in Kislovodsk. The obtained results testify that with the environmental assessment of the territory of the CMW region, the application of the evaluation criteria without taking into account the radiation situation can lead to a false conclusion about the magnitude of the anthropotechnogenic load. Based on the information received, a conclusion has been made on the need for further radioecological observations in this region.

Keywords: resorts of the CMV region; radiation-ecological monitoring; gamma radiation; long-lived radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr .

Для определения комплексного загрязнения окружающей среды в большинстве случаев оценивается состояние атмосферного воздуха, поверхностных вод и почв. Крайне редко учитываются и другие факторы, к которым могут относиться: состояние подземных вод, растений-фитоиндикаторов, суммарная шумовая нагрузка, радиационная обстановка и др. Для городов-курортов Кавказских Минеральных Вод (КМВ) оценка радиационной обстановки является необходимой поскольку регион относится к территориям с повышенными дозами облучения (выше 5 мЗв/год). Для населения пределы приемлемо опасной дозы — 15 мЗв/год, впервые были установлены в 1952 г. В 1959 г. дозу уменьшили до 5 мЗв/год, а в 1990 г. — до 1 мЗв/год. Сейчас некоторые специалисты настаивают на дальнейшем уменьшении этой дозы до 0,25 мЗв/год [21, 23, 24]. В большинстве исследуемых природных

регионов мира гамма-фон варьируется в пределах 0,2—0,4 мкЗв/ч [7, 22, 25], на урбанизированных территориях гамма-фон в среднем составляет 0,03—0,25 мкЗв/ч [1, 5]. На территории федеральных округов РФ среднегодовые значения амбиентного эквивалента мощности экспозиционной дозы (МЭД) находятся в пределах 0,11—0,13 мкЗв/ч, что соответствует естественному радиационному фону [6]. Среднемировое значение МЭД составляет 0,1 мкЗв/ч [3]. По данным исследований 2001—2010 гг., проведенных в 89 субъектах РФ максимальные значения средних годовых эффективных доз облучения населения природными источниками зарегистрированы в Республике Алтай (9,54 мЗв/год), Еврейской АО (7,20 мЗв/год) и Ставропольском крае (СК) (5,86 мЗв/год) [6]. Средняя суммарная доза облучения одного жителя РФ составила 3,38 мЗв/год (табл. 1). К сожалению,

Таблица 1

Средние индивидуальные годовые эффективные дозы облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения (2001—2010 гг.)

Субъект РФ	Средняя годовая эффективная индивидуальная доза облучения							
	^{40}K	Космическое излучение	Терригенное облучение	^{222}Rn	Питьевая вода	Продукты питания	Атмосферный воздух	Суммарная доза
Ставропольский край, мЗв/год [6]	0,17	0,40	0,75	4,39	0,122	0,017	0,006	5,86
%	2,90	6,83	12,80	74,91	2,08	0,29	0,10	100
Среднее по России [6]	0,17	0,40	0,65	1,98	0,142	0,029	0,006	3,38
%	5,03	11,83	19,23	58,58	4,20	0,86	0,18	100
Среднее на Земле [7]								2,40

Таблица 2

Величины периодов полураспада, и полувыведения некоторых радионуклидов из организма человека [11]

Радионуклид	Физический период полураспада $T_{1/2ф}$	Биологический период полувыведения $T_{1/2б}$	Эффективный период полувыведения $T_{1/2эф}$
^{90}Sr	29,12 года	35,6 лет	До 15,6 лет
^{137}Cs	30,17 года	70 сут. (все тело) 140 сут. (мышцы)	50—70 сут.

информация о дозах облучения населения Российской Федерации за период 2010—2016 гг. отсутствует.

Высокие показатели эффективных доз облучения населения Ставропольского края природными источниками связано с регионом Кавказских Минеральных Вод, где расположены территории имеющие аномально высокий уровень гамма-фона [4]. Данные аномалии обусловлены геологическим строением территории — лакколитообразными телами гранитоидного состава, обладающими высоким уровнем гамма-фона (0,50—1,00 мкЗв/ч), отложениями вокруг гор-лакколитов (0,35—0,90 мкЗв/ч), а также травертиновыми образованиями по периметрам гор Железной и Машук (0,30—0,40 мкЗв/ч). Кроме того интенсивность космического излучения увеличивается с каждой 1000 м высоты почти в два раза. Таким образом, его уровень для городов-курортов КМВ в 1,5—2 раза выше, чем для городов, расположенных на равнинной местности [18].

Помимо природных источников общая радиационная обстановка обусловлена техногенными факторами — наличием отработанных урановых месторождений, проявлений урановой минерализации. Кроме того, потоки радона в атмосферу выносятся за счёт использования природного газа в качестве энергоносителя на теплоэлектростанциях (ТЭЦ). Содержание ^{222}Rn в природном газе около 1000 Бк/м³. При этом верхние пределы его содержания для газовых месторождений доходят до (3—5) 10^7 Бк/м³ [7]. Выход радона в атмосферу при сжигании природного газа на газовой теплоэлектростанции составляет 230 ГБк/год при его расходе 600 10^6 м³/год [13]. Учитывая, что потребление природного газа в электроэнергетике составляет 6680 млн. м³/год [9], суммарный поток радона в атмосферу может составлять 25 10^2 ГБк/год. На территории Кисловодска размещены две ТЭЦ — Кисловодская и Запикетная. Первая расположена в центральной наиболее низкой части города в общественно-деловой зоне (ОДЗ); вторая — в южной части города, в курортном парке. Их суммарная электрическая мощность составляет — 17,25 МВт, тепловая — 174,89 Гкал/ч. Учитывая, что преобладающим направлением ветра в городе является южное (42 %), выбросы от ТЭЦ рассеиваются по всей территории курорта.

Основными долгоживущими радионуклидами, входящими в состав наиболее массивных радиоак-

тивных загрязнений, независимо от вида источников, являются ^{137}Cs и ^{90}Sr [3]. Сравнивая их свойства, можно отметить следующее:

1) имеют близкие периоды полураспада [11] (табл. 2);

2) ^{137}Cs является источником α - и β -излучений, может быть источником как внешнего, так и внутреннего облучения, а ^{90}Sr — источник β -излучения (внутреннее облучение);

3) при распаде ^{137}Cs образуется одна β -частица с энергией 0,51 МэВ; при распаде ^{90}Sr — две, с энергиями 0,55 и 2,27 МэВ; это делает ^{90}Sr более опасным радионуклидом при внутреннем облучении;

4) относятся к металлам — аналогам биогенных элементов: Cs является аналогом калия, Sr — аналогом кальция; по этой причине оба радионуклида активно вовлекаются в биологический круговорот, поступая по пищевым цепочкам в растения, организмы животных и человека;

5) в почвах радионуклиды довольно прочно закрепляются в верхнем (0—5 см) слое. Однако ^{137}Cs , для которого характерна необменная фиксация внутри кристаллической решетки глинистых минералов почвы, менее доступен для растений, чем ^{90}Sr , находящийся в почвах в основном в обменном состоянии. В наибольших количествах ^{90}Sr поступает в продукты питания, отличающиеся высоким содержанием кальция, а ^{137}Cs накапливается в продуктах с повышенным содержанием калия [14];

6) в организме человека, стронций накапливается преимущественно в костных тканях, откуда очень медленно выводится и отрицательно влияет на кроветворную функцию костного мозга; цезий накапливается в основном в мышечных тканях и сравнительно быстро выводится из организма.

Проведённый радиационно-экологический мониторинг ставил своей целью оценку радиационного гамма-фона, обнаружения участков радиационного загрязнения (УРЗ) и исследование почв на долгоживущие техногенные радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr . Исследования были выполнены методами пешеходной гамма-съемки (ПГС-съемки) масштаба 1:2000 и дозиметрических измерений. Гамма-съемка проводилась прибором сцинтилляционным геолого-разведочным СРП-68-01.

Измерения мощности экспозиционной дозы внешнего гамма излучения проводились дозиметром ДБГ-01Н.

Таблица 3

Гамма-фон территорий городов-курортов Ессентуки, Железноводск, Кисловодск в 2015–2016 гг.

Город	Значение МЭД, мкЗв/ч			
	min	max	$\bar{X}_{ap}$	аномальные
Ессентуки	$\frac{0,10}{0,88}$	$\frac{0,49}{4,30}$	$\frac{0,19}{1,67}$	
Железноводск	$\frac{0,13}{1,14}$	$\frac{0,60}{5,25}$	$\frac{0,21}{1,84}$	$\frac{23}{201,62}$
Кисловодск	$\frac{0,08}{0,70}$	$\frac{0,42}{3,68}$	$\frac{0,16}{1,40}$	

Поверхностных радиационных аномалий на территории Кисловодска и Ессентуков не обнаружено. Значения мощности дозы гамма-излучения представлены в табл. 3.

Согласно [12, 19], при выборе участков территорий под строительство зданий жилищного и общественного назначения выбираются участки с мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения менее 0,3 мкЗв/ч. Для среднего значения мощности дозы должно выполняться условие:

$$\bar{H} + \sigma < 0,3 \text{ мкЗв/ч},$$

где $\bar{H}$ — среднее значение мощности дозы гамма-излучения; σ — стандартная неопределенность значения $\bar{H}$, обусловленная вариацией мощности дозы на контролируемом участке.

На территории г. Железноводска уровень гамма-фона изменяется от 0,13–0,18 до 0,45–0,60 мкЗв/ч, составляя в среднем для всего города 0,21 мкЗв/ч. Для большей части исследованной территории (примерно 65%) уровень гамма-фона 0,16–0,25 мкЗв/ч и только при приближении к склонам горы Железной возрастает до 0,40–0,60 мкЗв/ч. Небольшие локальные повышения уровня гамма-фона от 0,30 до 0,60 мкЗв/ч, которые имеют место на всей территории города, приурочены к различным строительным конструкциям (бордюры, облицовочный материал и т. д.), изготовленным из материала с повышенным содержанием естественных радионуклидов, а также к асфальтовым покрытиям дорожек, тротуаров и полотна дорог с применением щебня из пород кислого и щелочного состава. При проведении радиационно-экологических работ было выявлено 44 участков радиационного загрязнения: из них 14 площадных и 30 локальных с МЭД гамма-излучения от 0,80 до 23 мкЗв/ч [2].

Следовательно, территория в целом соответствует требованиям санитарных правил НРБ-99/2009 [17] и гигиенических нормативов [19] по мощности дозы гамма-излучения в части обеспечения радиационной безопасности. При этом необходимо учитывать, что по мнению радиобиологов [21, 23, 24], для действия радиации на живые организмы нет порогового уровня. Пороговый уровень — тот, ниже которого не обнаруживается поражения у

каждого облученного организма. При облучении в меньших дозах эффект будет стохастическим, т. е. определённые изменения среди группы облучённых обязательно возникнут, но у кого именно — заранее неизвестно.

В рамках оценки экологического состояния городской территории были выполнены геохимические исследования почв курортов КМВ. Химический анализ грунтов выполнялся по 21 показателю. Всего по городам курортам было выполнено 320 химических анализов. По результатам экологического мониторинга установлены поллютанты регулярно превышающие значения ПДК, фона и кларка в почвах курортов. Полученные данные подробно представлены в [8, 16]. Рассчитаны три показателя, позволяющие определить эколого-геохимическое состояние грунтов. В рамках данной статьи представлена информация об исследованиях почв курортов на содержание в них долгоживущих техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Концентрации данных радионуклидов в почвах городских территорий характеризуют длительное, хроническое загрязнение и позволяют оценить степень радиационной нагрузки, выявить наиболее загрязнённые функциональные зоны (ФЗ). Радиогеохимический мониторинг осуществлялся в течении 6 лет с 2011 по 2016 гг. и включал отбор проб почв в пределах городской черты Ессентуков (Е), Железноводска (Ж), Кисловодска (К). На каждом исследуемом участке отбиралось по две параллельные пробы почвы на открытых участках с ровной поверхностью из верхнего 10-сантиметрового слоя, в котором сосредоточено около 90 % активности радионуклидов, обусловленной выпадениями из атмосферы. Отбор проводился на регламентируемых ФЗ: территории детских площадок, рекреационные и селитебные зоны, первые зоны санитарной охраны водоёмов, общественно-деловые зоны (ОДЗ), транспортной и железнодорожной, на сельскохозяйственных (приусадебных) участках, в промышленной зоне и в зоне специального назначения (кладбища). Плотность отбора в рамках данного исследования составила 1 проба/5 км², что является допустимым, поскольку были обследованы все функциональные зоны курортов. Число опытных площадок (ОП) составило: в Кисловодске 17, Ессентуках 14, Железноводске 12. Определения ^{137}Cs и ^{90}Sr проводились методом измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного бета-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». Анализы выполнялись в аккредитованной лаборатории аналитического центра г. Ессентуки — филиала Государственного регионального центра стандартизации, метрологии и испытаний (г. Пятигорск). Полученный аналитический материал был подвергнут статистической обработке и сгруппирован по функциональным зонам в программных пакетах Microsoft Excel. Почвенно-

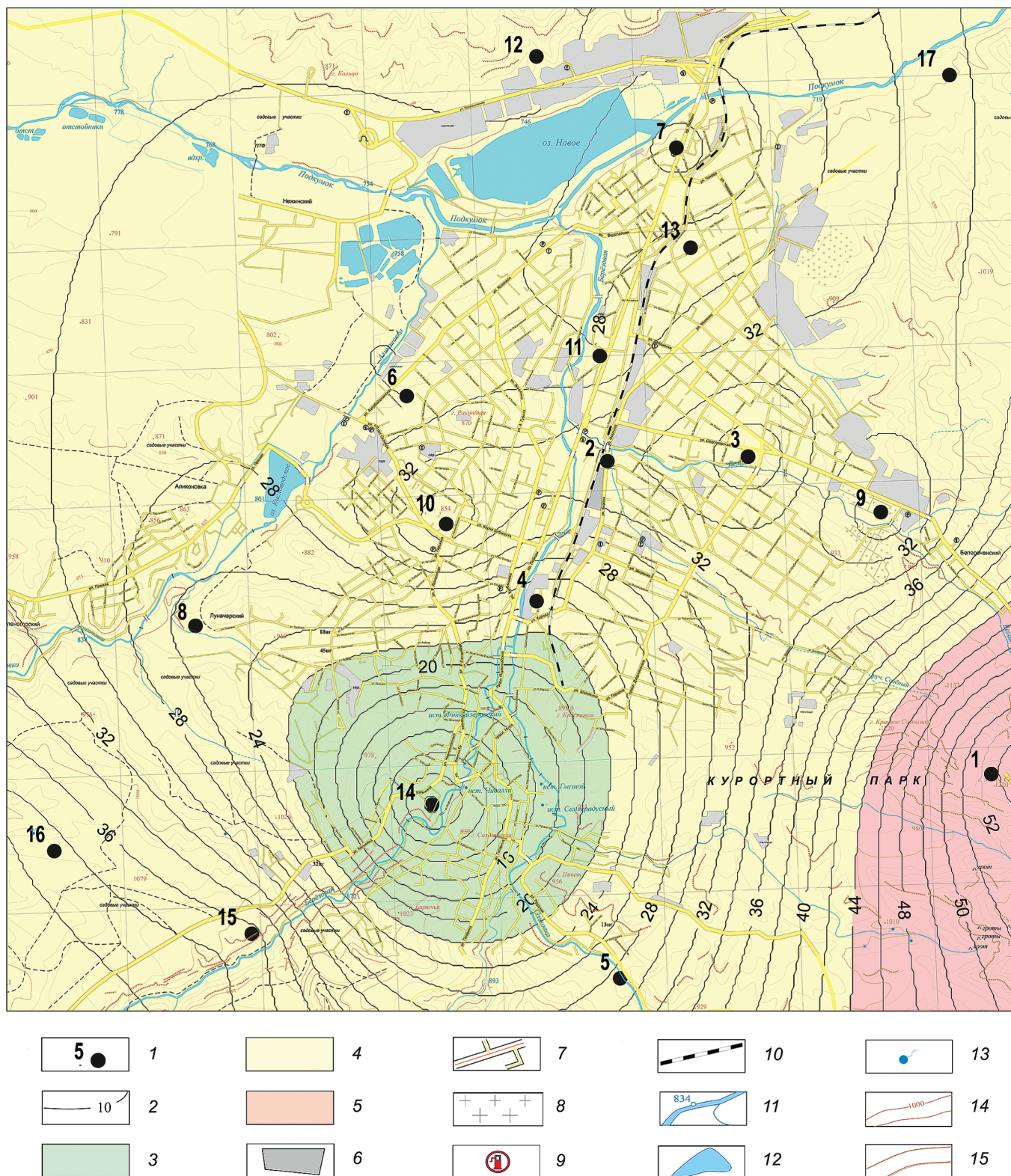


Рис. 1. Схематическая карта эколого-радиогеохимического зонирования территории Кисловодска по уровню загрязнения почв ^{137}Cs : 1 – места отбора проб почв; 2 – изолинии концентраций ^{137}Cs в почве; 3 – зона с допустимым уровнем загрязнения почв; 4 – зона с умеренно опасным уровнем загрязнения почв; 5 – зона с опасным уровнем загрязнения почв; 6 – объекты техногенной нагрузки; 7 – автомагистрали; 8 – кладбища; 9 – автозаправки; 10 – железная дорога; 11 – реки и ручьи; 12 – озёра, пруды, водохранилища; 13 – родники, источники; 14 – горизонталы и их подписи; 15 – обрывы и скалы

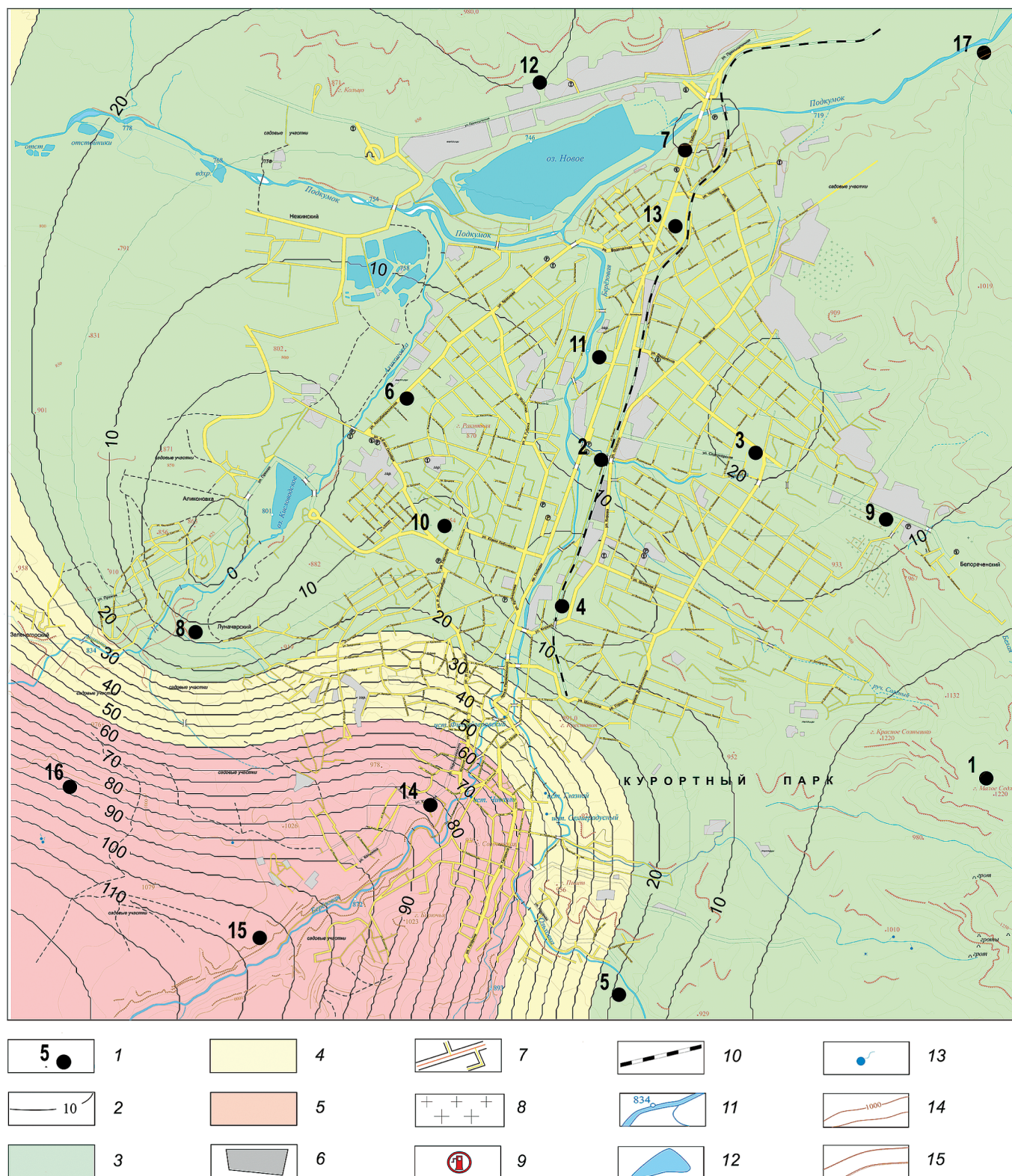


Рис. 2. Схематическая карта эколого-радиогеохимического зонирования территории Кисловодска по уровню загрязнения почв ^{90}Sr : 1 – места отбора проб почв; 2 – изолинии концентраций ^{90}Sr в почве; 3 – зона с допустимым уровнем загрязнения почв; 4 – зона с умеренно опасным уровнем загрязнения почв; 5 – зона с опасным уровнем загрязнения почв; 6 – зона с чрезвычайно опасным уровнем загрязнения почв; 7 – автомагистрали; 8 – кладбища; 9 – объекты техногенной нагрузки; 10 – железная дорога; 11 – реки и ручьи; 12 – озёра, пруды, водохранилища; 13 – родники, источники; 14 – горизонталы и их подписи; 15 – обрывы и скалы

радиогеохимическое картографирование выполнено в пакетах Golden Software Surfer 8 и CorelDRAW X6.

Как показали результаты мониторинга максимальные концентрации радионуклидов зафиксированы в почвах Железноводска, где их средние значения превосходят аналогичные показатели по РФ в четыре раза по ^{137}Cs и в 13 раз по ^{90}Sr . Минимальные концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr характерны для почв Кисловодска. Содержание радионуклидов варьирует в широких пределах: для ^{90}Sr от 2 до 108 Бк/кг (рис. 1), ^{137}Cs — от 7 до 60 Бк/кг (рис. 2). Максимальные концентрации ^{90}Sr в почве несколько выше, чем ^{137}Cs . Средние концентрации установленные в почвах курортов КМВ превышают аналогичные показатели по России. Превышение по ^{137}Cs составляет в Кисловодске 1,4 раза; Ессентуках 2,5 раз; Железноводске 4 раза. Превышение по ^{90}Sr еще больше: в Кисловодске 3,6 раз; Ессентуках 8,9 раз; Железноводске 13 раз (табл. 4).

Поскольку в России отсутствуют ПДК радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах, при построении карт за допустимый уровень загрязнения принимались средние по РФ значения. Умеренно опасный

уровень загрязнения принимался при повышении концентрации в два раза: для ^{137}Cs 22—44, ^{90}Sr — 10—20 Бк/кг; опасный — при повышении концентраций в 10 раз: ^{137}Cs 44—220, ^{90}Sr 20—65 Бк/кг; чрезвычайно опасный — при повышении концентраций более чем в 10 раз: для ^{137}Cs > 220, ^{90}Sr > 65 Бк/кг. В качестве примера приведены схематические карты эколого-радиогеохимического зонирования территории Кисловодска по уровню загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr (рис. 1, 2).

Наибольшее содержание ^{137}Cs на курортах КМВ (60—121 Бк/кг) отмечается в почвах производственной, сельскохозяйственной и рекреационной зон, ^{90}Sr (108—118 Бк/кг) — в рекреационной и сельскохозяйственной зонах. Минимальные концентрации ^{137}Cs (26—62 Бк/кг) зафиксированы в зоне специального назначения, водоохранной и сельскохозяйственной ФЗ, ^{90}Sr (7—11 Бк/кг) — в ОДЗ, транспортной и зоне специального назначения (табл. 5).

Поскольку загрязненная долгоживущими техногенными радионуклидами почва является источником облучения растений, приуроченность мак-

Таблица 4

Концентрация радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах курортов КМВ в 2011—2016 гг.

Город	Концентрация ^{137}Cs , Бк/кг			Концентрация ^{90}Sr , Бк/кг		
	$\bar{X}_{\text{ap}}$	max	min	$\bar{X}_{\text{ap}}$	max	min
Кисловодск	31,6	60,0	7,0	23,7	108,0	2,0
Ессентуки	55,7	65,6	31,4	58,0	80,0	39,0
Железноводск	87,7	114,4	61,6	84,2	121,0	11,0
Среднее по РФ	22			6,5		

Таблица 5

Максимальная концентрация радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах различных функциональных зон городов КМВ в 2011—2016 гг.

Функциональная зона, территория	Концентрация, Бк/кг					
	^{137}Cs			^{90}Sr		
	К	Е	Ж	К	Е	Ж
Рекреационная	60	66	110	42	39	118
Производственная	34	65	121	20	45	114
Селитебная	38	58	89	83	52	71
Сельскохозяйственная	53	68	62	108	112	100
Общественно-деловая	28	64	64	7	49	11
Транспортная (ж/д)	28	59	63	17	80	97
Транспортная (авто)	28	67	73	7	20	22
Зона специального назначения (кладбище)	26	42	77	14	10	25
Водоохранная	28	31	88	12	74	99

Таблица 6

Процентное содержание проб почв в зависимости от концентрации в них радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr за период с 2011 по 2016 гг.

Город	Число проб, %						
	^{137}Cs , Бк/кг			^{90}Sr , Бк/кг			
	0-22	22-44	44-220	0-10	10-20	20-65	65-120
Ессентуки	отс.	22	78	отс.	отс.	63	37
Железноводск	отс.	отс.	100	отс.	17	отс.	83
Кисловодск	7	83	19	24	47	18	12

симальных их концентраций к зонам сельскохозяйственного назначения может стать причиной загрязнения растений и, как следствие способствовать в внутреннему облучению населения.

Большая часть почв курортов Ессентуки и Железноводск по концентрации в них ^{137}Cs соответствует опасному уровню загрязнения (78 и 100 %) проб соответственно. В Кисловодске, по данному показателю, значительная часть территории соответствует умеренно опасной (83 % всех проб). По содержанию в почвах ^{90}Sr , в Ессентуках превалирует опасный (63 %), в Железноводске — чрезвычайно опасный (83 %), в Кисловодске — умеренно опасный (47 % всех проб) уровни загрязнения почв (табл. 6).

Для расчёта комплексной антропогенной нагрузки на окружающую среду (КН) применяют формулу [20]:

$$\text{КН} = (K_{\text{атм}} + K_{\text{воды}} + K_{\text{почвы}})/N, \quad (1)$$

где $K_{\text{атм}}$ — показатель загрязнения атмосферы; $K_{\text{воды}}$ — показатель суммарного химического загрязнения водопроводной воды; $K_{\text{почвы}}$ — показатель загрязнения почвы; N — число единиц, соответствующих количеству учтенных пофакторных оценок.

Расчёт КН для городов-курортов КМВ представлен в [15]. Данный показатель определяет нагрузку на организм человека от основных факторов окружающей среды. Для более полной оценки антропогенной нагрузки в городах-курортах КМВ в формулу (1) необходимо ввести показатель радиационного загрязнения территории $K_{\text{рад}}$. Для расчёта $K_{\text{рад}}$ можно использовать концентрации в почвах долгоживущих радионуклидов, входящих в состав наиболее массивных радиоактивных загрязнений, — ^{137}Cs и ^{90}Sr . Поскольку почвы являются системой менее динамичной и более буферной, чем атмосферный воздух и при определённых условиях, характерных для конурбации КМВ, обладают способностью аккумулировать загрязняющие вещества (ЗВ), то степень и характер их загрязнения можно использовать как индикатор состояния приземных слоёв воздуха. Показатель радиационного загрязнения почв территории предлагается рассчитывать по формуле:

$$K_{\text{рад}} = \frac{C_1}{C_{1,\text{срРФ}}} \cdot \frac{C_2}{C_{2,\text{срРФ}}} \cdot \dots \cdot \frac{C_n}{C_{n,\text{срРФ}}}, \quad (2)$$

где $C_{1,n}$ — фактические концентрации долгоживущих радионуклидов; $C_{1,\text{срРФ}}$ — средние по РФ концентрации данных радионуклидов в почве.

Расчёт комплексной антропогенной нагрузки позволяет оценить суммарную нагрузку на организм человека. Установлено, что «ответная ре-

акция» населения на антропогенное загрязнение проявляется в достоверном увеличении заболеваний всех групп населения. Несмотря на статус курортного региона, отсутствие крупных промышленных объектов, результаты биологического мониторинга свидетельствуют об ухудшении медико-демографических показателей здоровья коренного населения. По результатам проведенного медико-гигиенического ранжирования за десятилетний период (2006—2015 гг.) по 16 нозологическим формам (НФ) заболеваний в ряде территорий Ставропольского края отмечены высокие уровни и негативные тенденции некоторых показателей заболеваемости населения [10]. Города-курорты отнесены к территориям с высоким уровнем заболеваемости по следующим НФ:

- 1) по врождённым аномалиям (порокам) развития у детей (0—14 лет) — г. Ессентуки;
- 2) по болезням системы кровообращения у подростков — г. Ессентуки;
- 3) по болезням эндокринной системы у подростков — г. Кисловодск;
- 4) по болезням органов дыхания у взрослых — г. Пятигорск, у подростков — г. Железноводск;
- 5) по впервые установленной заболеваемости пневмонией у взрослых — города Ессентуки, Кисловодск, у подростков — г. Железноводск;
- 6) по заболеваемости бронхиальной астмой у взрослых — г. Пятигорск, у подростков и у детей (0—14 лет) — г. Ессентуки;
- 7) по заболеваемости хроническим бронхитом и эмфиземой у взрослых — г. Пятигорск, у подростков — г. Ессентуки;
- 8) по заболеваемости аллергическим ринитом у взрослых — г. Пятигорск, у подростков и у детей (0—14 лет) — г. Железноводск;
- 9) по болезням мочеполовой системы у подростков и у детей (0—14 лет) — г. Ессентуки;
- 10) по болезням почек у взрослых — г. Пятигорск;
- 11) по болезням костно-мышечной системы и соединительной ткани у детей (0—14 лет) — г. Ессентуки;
- 12) по общему показателю заболеваемости у взрослых — г. Пятигорск, у подростков — г. Железноводск.

В данных городах показатели заболеваемости превышают среднекраевые значения в 2—5 раз.

Город Ессентуки относится к территориям с наибольшим числом нозологических форм заболеваний среди детей (0—14 лет). В лидеры по заболеваемости среди подростков вошли города Ессентуки и Железноводск; среди взрослых — г. Пятигорск. В подобных условиях необходим учёт всех факторов окружающей среды оказывающих влияние на здоровье населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бураева Е.А., Малышевский В.С., Нефедов В.С., Тимченко А.А., Горлачев И.А., Семин Л.В., Шиманская Е.И., Триболина А.Н., Кубрин С.П., Гуглев К.А., Толпыгин И.Е., Мартыненко С.В. Мощност эквивалентной дозы гамма-излучения природных и урбанизированных территорий Северного Кавказа // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-5. С. 1073–1077.
2. Генеральный план городского округа города-курорта Железноводск Ставропольского края. Т. 2. Кн. 1. СПб, 2013. 210 с.
3. Давыдов М.Г. Радиоэкология: учебник для вузов / М.Г. Давыдов, Е.А. Бураева, Л.В. Зорина, В.С. Малышевский, В.В. Стасов. Р-н-Д.: Феникс, 2013. 635 с.
4. Доклад о состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае в 2016 году. Ставрополь: МПР, 2017. 140 с.
5. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 560 с.
6. Информационный сборник «Дозы облучения населения Российской Федерации в 2010 году». СПб: ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», 2011. 63 с.
7. Источники и эффекты ионизирующего излучения: отчёт НКДАР ООН, 2008. Нью-Йорк, 2010. 202 с.
8. Кисловодское месторождение углекислых минеральных вод: Системный анализ, диагностика, прогноз, управление/ А.В. Малков, И.М. Першин, И.С. Помеляйко и др. М.: Наука, 2015. 283 с.
9. Лисаченко, Э.П., Стамат И.П., Зельдин А.Л. Выброс природных радионуклидов в окружающую среду в результате деятельности предприятий неядерных отраслей // Радиационная гигиена. 2012. Т. 5, № 4. С. 50–56.
10. Материалы к государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации по Ставропольскому краю в 2016 году». Ставрополь. Роспотребнадзор, 2017. 173 с.
11. Москалев Ю.И. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов. М.: Энергоатомиздат, 1989. 264 с.
12. МУ 2.6.1.2398-08. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 27 с.
13. Оценка радиационного состояния почв и растительности в зоне влияния теплоэлектростанции: учеб. пособие. Хабаровск: изд-во ИГД ДВО РАН, 2006. 114 с.
14. Плющиков В.Г., Семенов О.Г. Учебно-методическое пособие по курсу «Сельскохозяйственная радиоэкология», ч. II «Сельскохозяйственное производство в условиях радионуклидного загрязнения». М.: Изд-во РУДН. 2006. 64 с.
15. Помеляйко И.С., Помеляйко В.И. Комплексная антропогенная нагрузка на городскую территорию ряда крупных промышленных городов и курортов федерального значения России // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016. № 1. С. 47–55.
16. Помеляйко И.С. Эколого-геохимическое ранжирование селитебных зон ряда курортных и промышленных городов РФ по трем оценочным показателям загрязнения почв // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. 2017. № 1. С. 28–39.
17. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора № 3. 2009. 225 с.
18. Сидякин П.А., Щитов Д.В., Фоменко Н.А., Лебедева С.А. О радиационно-экологической обстановке в урбанизированных территориях городов-курортов Кавказских Минеральных Вод // Инженерный вестник Дона. 2015. № 1. С. 16–22.
19. СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)»: Санитарные правила и нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 83 с.
20. Унифицированные методы сбора данных, анализа и оценки заболеваемости населения с учетом комплексного действия факторов окружающей среды: Методические рекомендации. М.: Минздрав России, 1996. 35 с.
21. Яблоков А.В. Миф о безопасности малых доз радиации: Атомная мифология. М.: Центр экологической политики России, ООО «Проект-Ф», 2002. 145 с.
22. Chernyago B.P., Nepomnyashchikh A.I., Medvedev V.I. Current radiation environment in the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory // Russian Geology and Geophysics. 2012. Vol. 53. P. 926–935.
23. Green P. Permitting unacceptable risks: the new international commission on radiological protection radiation safety standards: 7 th Int. Standing Conf. on Low Level Radiation and Health, 22–23 June, Bristol, 1991. 11 p.
24. Kohnlein W., Nussbaum R.H. Inconsistencies and Open Questions Regarding Low-Dose Health Effects of Ionizing Radiation. In: Schmitz-Feuerhake I., Schmidt M (Eds.). Radiation Exposures by Nuclear Facilities. Evidence of the Impact on Health. Proc. Intern. Workshop German Society for Radiation Protection, University of Portsmouth, 9–12 July, 1996, Portsmouth, England, Berlin, 1998. P. 63–83.
25. Song G., Chen Z., Tang Z., Zhang Z., Xie W. Natural radioactivity levels in topsoil from the Pearl River Delta Zone, China // J. of Env. Radioactivity. 2012. Vol. 103. P. 48–53.