

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

УДК 504.064

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЯДА ПРИРОДНЫХ СРЕД
ОТДЕЛЬНЫХ ГОРОДОВ РФ

© 2018 г. И.С. Помеляйко

*Северо-Кавказский федеральный университет, филиал г. Пятигорск,
ул. 40 лет Октября, 56, г. Пятигорск, Ставропольский край, 357700 Россия
E-mail: i.pomelyayko@yandex.ru*

Поступила в редакцию 28.02.2017 г.

После исправления 09.06.2017 г.

В России всего 11 курортов федерального значения (1% всех городов РФ). Четыре из них – Кисловодск, Ессентуки, Пятигорск и Железноводск, входят в состав Кавказских Минеральных Вод (КМВ) – особо охраняемого эколого-курортного региона РФ. Несмотря на режим особой охраны, в последние годы экологическая ситуация на курортах существенно ухудшилась. С целью объективной диагностики экологического состояния курортов выполнен анализ ряда природных сред. Для решения данной задачи применялись наземные методы экологического мониторинга: физико-химические методы, биоиндикация; методы статистической и математической обработки данных, математическое моделирование. Полученные по городам-курортам оценочные критерии сравнивались с аналогичными показателями городов с критическим и напряженным экологическим состоянием (ЭС). Собраны и проанализированы данные результатов мониторинга атмосферы, речных вод, почв и медико-демографические показатели здоровья детского населения по 28 крупным промышленным городам РФ, официально отнесенным к наиболее загрязненным. Получены следующие выводы: среднее содержание поллютантов в почвах и реках курортов КМВ соответствует их концентрации в аналогичных средах ряда крупных промышленных городов с критическим ЭС. Интегральная оценка состояния здоровья населения промышленных центров и курортов КМВ, соответствует критической ЭС. Причина заключается в ряде природных особенностей территории, способствующих накоплению поллютантов и формированию зон антропо-техногенного загрязнения курортов. Сформировавшаяся к настоящему времени планировка курортов КМВ способствует накоплению поллютантов в буферных средах. Предложен расчет суммарной величины антропогенной нагрузки (ВАН) на окружающую среду населенного пункта, на основании которого выполнено дифференцирование территорий рассматриваемых городов. Результаты свидетельствуют о том, что экологическое состояние курортов КМВ далеко от благополучного и может классифицироваться как напряженное.

Ключевые слова: курорты КМВ, промышленные города, экологическое состояние, анализ, величина антропогенной нагрузки.

DOI: 10.7868/S0869780318020060

По совокупности природных условий экологическое состояние (ЭС) городов России делится на 5 категорий [2]: 1 – благополучное, 2 – удовлетворительное, 3 – умеренно напряженное, 4 – напряженное, 5 – критическое. В основу данной градации был положен ряд признаков, начиная от объема вредных выбросов в атмосферу и водоемы, класса опасности загрязняющих веществ (ЗВ), уровня превышения ПДК поллютантов в воздухе и почвах, до географических условий города. Медико-демографические показатели – продолжительность жизни, смертность, заболеваемость населения, проживающего в данном городе, не учитывались. Согласно

данному ранжированию, города-курорты КМВ – Ессентуки, Железноводск и Кисловодск – отнесены к 1-й категории с благополучным ЭС. К данной категории отнесены всего 7 городов РФ. К 4-й – 26% городов, а к 5-й категории с критическим ЭС (9%) отнесены такие крупные промышленные, аграрные центры, узлы авиалиний, шоссейных и железнодорожных путей, как Архангельск, Владивосток, Волгоград, Воронеж, Нижний Новгород, Омск, Пермь, Самара, Саратов и др.

В качестве наглядного примера города с благополучным ЭС, указан г. Кисловодск. Приведем выдержку из первоисточника, объяс-

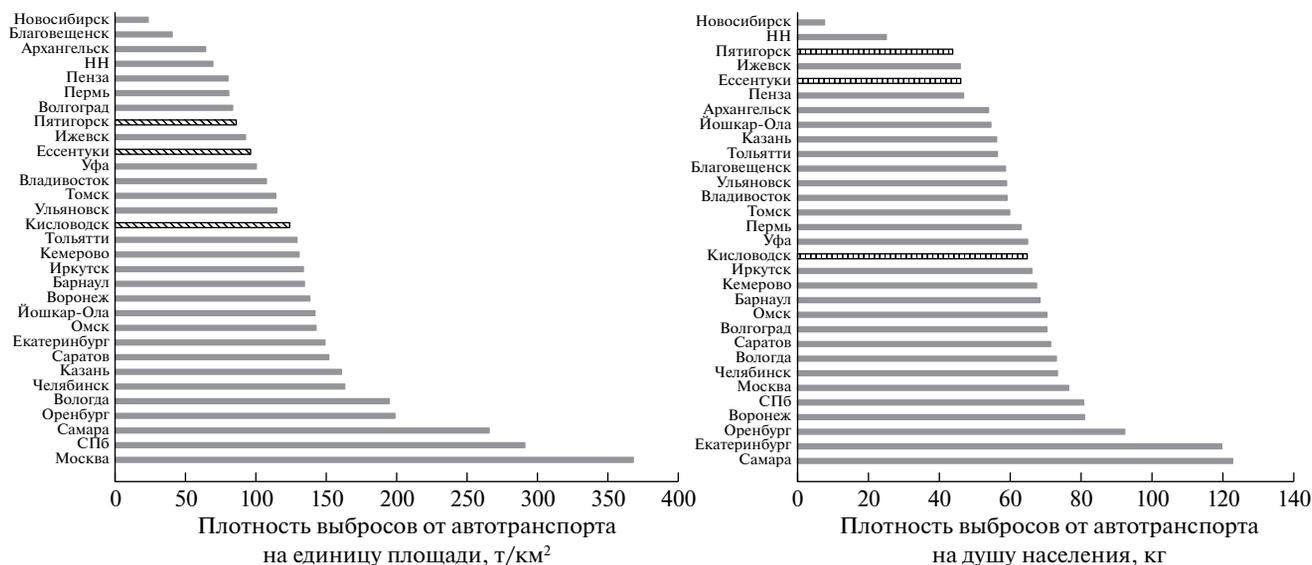


Рис. 1. Плотность выбросов от автотранспорта в ряде городов РФ на единицу площади и душу населения.

нящую благополучное экологическое состояние курорта: “промышленное и транспортное загрязнение незначительны (окись углерода и др.), при хороших условиях самоочищения атмосферы”. Анализируя данные Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, замеры Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, карту районирования территории РФ по условиям рассеивания примесей, потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА), величину метеорологического потенциала самоочищения атмосферы (МПА), приходишь к выводам прямо противоположным. Начнем с “незначительного транспортного загрязнения”. Для наглядности сопоставим величины плотности выбросов от автотранспорта в городах-курортах КМВ [5] и промышленных городах с напряженным и критическим ЭС (рис. 1). Можно отметить, что плотность выбросов на единицу площади на курортах превышает аналогичные показатели в таких городах, как Волгоград, Пермь, Пенза, Нижний Новгород (НН). Выбросы на душу населения в Кисловодске выше, чем в городах-миллионерах – Новосибирске, Казани, НН, Уфе и т.д. В городах-курортах КМВ на выбросы от автотранспорта приходится от 88% (Пятигорск) до 96% (Кисловодск) валовых выбросов в атмосферу. Около 75% из них составляют выбросы оксида углерода (СО). С 1994 г. выбросы СО в атмосферу курортов КМВ выросли в 3–5 раз. На выбросы оксида углерода помимо метеорологических показателей значительное влияние оказывает рельеф и режим движения

автомашин. При ускорении и торможении в отработавших газах увеличивается содержание оксида углерода почти в 8 раз [3]. Для курортов КМВ характерна большая энергия рельефа, вследствие чего выбросов СО в разы больше, чем на плоскоравнинной местности. Среднегодовое (1996–2015 гг.) концентрация вещества I класса опасности бенз(а)пирена (БП) в атмосфере курорта составила – 1.2 нг/м³ [13]. Учитывая, что норматив для курортов (0.8 ПДК) уровень загрязнения воздуха БП превышен на 50%. Максимальная концентрация БП зафиксирована в 2003 г. – 2.2 нг/м³ (2.8 ПДК), в последствии концентрация его снижалась.

Теперь рассмотрим условия самоочищения атмосферы. Согласно районированию территории РФ по условиям рассеивания примесей и ПЗА, территория городов-курортов КМВ характеризуется повышенным потенциалом загрязнения атмосферы (зона II, класс II б¹) [1]. В значительной степени высокий ПЗА связан с атмосферной циркуляцией антициклонического типа, преобладанием низких скоростей ветра (0–1 м/с), повторяемостью приземных инверсий температуры, высокой повторяемостью застоев воздуха, слабыми ветрами, туманами, а также 30–40% штилей в ночное время. Для более детального уточнения потенциала атмосферы рассматриваемых городов для каждого из них автором был рассчитан метеорологический потенциал самоочищения атмосферы (МПА), предложенный Т.С. Селегей, определяемый как отношение повторяемости условий, способствующих накоплению примесей,

к повторяемости условий, способствующих удалению примесей из атмосферы:

$$МПА = (P_{ш} + P_T) / (P_o + P_{св}), \quad (1)$$

где повторяемость: $P_{ш}$ – скоростей ветра 0–1 м/с, P_T – дней с туманами, P_o – дней с осадками > 0.5 мм, $P_{св}$ – скоростей ветра > 6 м/с.

При $МПА < 1$ в рассматриваемый период времени преобладают процессы, способствующие очищению атмосферы; создаются хорошие условия для рассеивания примесей в атмосфере. Если $МПА > 1$, преобладают способствующие накоплению вредных примесей процессы.

Исходными данными для оценки МПА рассматриваемых городов послужили данные многолетних наблюдений, представленные в научно-прикладных справочниках по климату. Поскольку МПА характеризует условия накопления примесей, можно рассчитать и обратный ему коэффициент самоочищения (К) атмосферы:

$$K = 1/МПА. \quad (2)$$

При $K > 1.2$ условия для рассеивания примесей благоприятные, при $1.2 > K > 0.8$ – относительно благоприятные, при $K < 0.8$ – неблагоприятные.

Таким образом, согласно многолетним данным в городах Эссентуки, Железноводск и Пятигорск, сложились неблагоприятные условия для самоочищения атмосферы (рис. 2). В Кисловодске из-за геоморфологических особенностей преобладают крайне неблагоприятные для самоочищения атмосферы условия. Величины коэффициента самоочищения свидетельствуют о неблагоприятных (Кисловодск, Железноводск) и ограниченно благоприятных (Эссентуки, Пятигорск) условиях для рассеивания примесей (табл. 1).

Задача данного исследования – определить какова в действительности экологическая обстановка на бальнеоклиматических курортах федерального значения РФ и сопоставить ее с городами с напряженным и критическим ЭС.

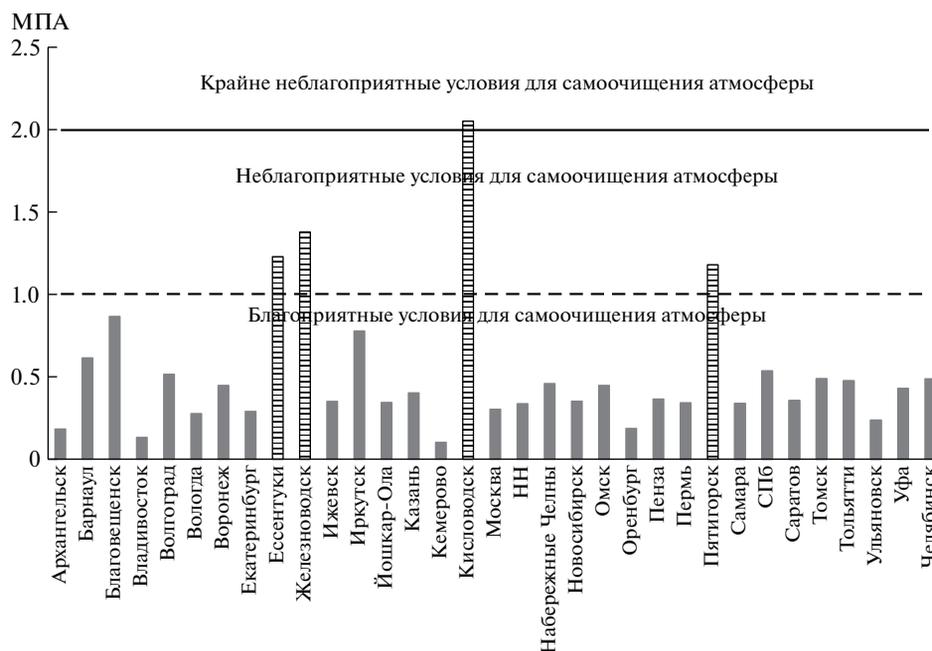


Рис. 2. Величина многолетнего метеорологического потенциала самоочищения атмосферы (МПА) ряда городов РФ.

Таблица 1. Параметры, характеризующие способность атмосферы курортов КМВ к самоочищению и рассеиванию примесей (многолетние)

Город	Кисловодск	Эссентуки	Пятигорск	Железноводск
МПА	2.04	1.22	1.17	1.38
К	0.49	0.82	0.85	0.73

МЕТОДИКА

Для ответа на поставленные вопросы оценочные критерии (ИЗА, $K_{\text{атм}}$, ИЗВ, Z_c , Z_k , Z_n , КН) по городам-курортам КМВ сравнивались с аналогичными показателями городов с критическим и напряженным ЭС (4-я, 5-я категории). В основу оценки экологического состояния курортов КМВ были положены данные многолетнего мониторинга (2010–2016 гг.), который включал регулярный отбор проб на химические, микробиологические и радиологические анализы почв, рек, подземных (грунтовые и артезианские) вод. Выполнен сбор и анализ информации (1994–2015 гг.) о концентрации ряда загрязняющих веществ в атмосфере курортов. Установлены ЗВ, регулярно превышающие ПДК в природных акцепторах [4, 6]. На следующем этапе были собраны и проанализированы данные результатов мониторинга атмосферы, почв и речных вод 28 наиболее загрязненных городов РФ: Москва, С.-Петербург, Нижний Новгород, Саратов, Самара, Воронеж, Волгоград, Пермь, Архангельск, Новосибирск, Уфа, Челябинск, Казань, Екатеринбург, Омск, Томск и др. [7–9]. В статье приводится сопоставительный анализ данных по загрязненности атмосферы, почв и речных вод. Изучение депонирующих сред позволяет оценить степень антропогенной нагрузки на территорию, выявить основные ЗВ, характерные для данной агломерации, и наиболее загрязненные функциональные зоны города. Изучение состояния транспортирующих сред позволяет выявить основные источники загрязнения и разработать комплекс мер по предотвращению его дальнейшего распространения.

Геосферы связаны друг с другом и образуют стабильную материальную открытую динамическую систему. Для анализа всего природного комплекса необходимо изучение, как сред-накопителей, так и сред-переносчиков ЗВ. Только в этом случае можно получить достоверную информацию о сложившейся на исследуемой территории экологической ситуации [11]. В работе приводится информация по всем средам транспортерам и по одной буферной среде. Это связано с тем, что снежный покров в городах-курортах КМВ весьма неустойчив, быстро тает, не успевая накопить ЗВ, поэтому как компонент-индикатор он не использовался. То же можно сказать и о донных отложениях, которые не характерны для горных рек. Растительность, как индикатор ЭС территории курортов КМВ рассматривалась в работах Половинкиной Д.С. (2015 г.), Мандры Ю.А. (2010 г.), Цыганкова А.С. (2002 г.).

К сожалению, при оценке экологического состояния территории зачастую отсутствует системный подход. Так, при оценке загрязнения атмосферного воздуха чаще всего используют индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), либо показатель загрязнения атмосферы К.А. Буштуевой ($K_{\text{атм}}$) [14]. И в том и в другом случае в формулы вводится класс опасности загрязняющего вещества. В первом случае это осуществляется путем расчета безразмерного коэффициента, рассчитываемого в зависимости от класса опасности ЗВ. Во втором – путем умножения величины ПДК на класс опасности анализируемого ЗВ. При оценке ЭС других природных сфер – педосферы, гидросферы, класс опасности веществ, входящих в комплексные показатели загрязнения (ИЗВ, УКИЗВ, Z_c , Z_k), не учитывается. В этом случае при расчетах нет никакой разницы присутствуют ли в поверхностных и подземных водах и почвах ртуть и бериллий, отнесенные к I классу опасности, или сульфаты и аммоний относящиеся к IV классу опасности.

АТМОСФЕРА. Оценка загрязнения атмосферного воздуха проводилась по показателю загрязнения атмосферы $K_{\text{атм}}$:

$$K_{\text{атм}} = \left(\frac{C_1}{N_1 * \text{ПДК}_{C1}} + \frac{C_2}{N_2 * \text{ПДК}_{C2}} + \dots + \frac{C_n}{N_n * \text{ПДК}_{Cn}} \right), \quad (3)$$

где $C_{1, \dots, n}$ – среднесуточные концентрации отдельных компонентов загрязнения, присутствующих в атмосферном воздухе; $\text{ПДК}_{C1, \dots, Cn}$ – среднесуточная ПДК компонентов загрязнения атмосферы; $N_{1, \dots, n}$ – коэффициент, величина которого зависит от класса опасности вещества.

На следующем этапе, с целью уточнения насколько рационально (безопасно) с экологической точки зрения размещена в данном городе промышленная зона, $K_{\text{атм}}$ был дополнен экспозицией воздействия суммы загрязнений по повторяемости направлений ветров за год (t).

$$K_{t\text{атм}} = \left(\frac{C_1}{N_1 * \text{ПДК}_{C1}} + \frac{C_2}{N_2 * \text{ПДК}_{C2}} + \dots + \frac{C_n}{N_n * \text{ПДК}_{Cn}} \right) * t. \quad (4)$$

Параметр t рассчитывается по формуле: $t = P/P_0$, где P – среднегодовая повторяемость направления ветра по румбу от источника загрязнения на жилую зону (%); P_0 – повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров (%).

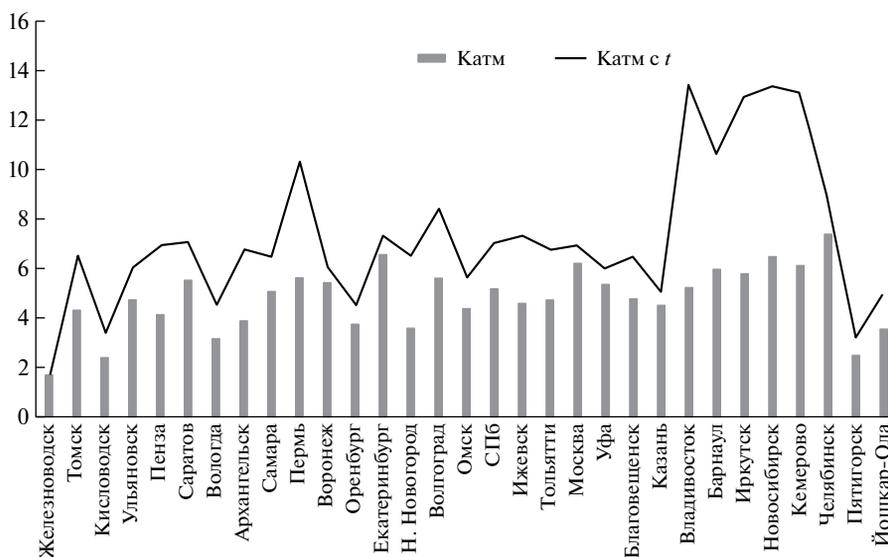


Рис. 3. Показатели загрязнения атмосферы $K_{атм}$ и $Kt_{атм}$, рассчитанные для ряда городов РФ.

При расчете для городов-курортов в формулу (3) вводилась поправка, вместо ПДК_{Cl, ..., Cn} принималось 0.8 ПДК_{Cl, ..., Cn}, поскольку данное требование прописано для зон санитарной охраны курортов в п. 2.4. ГОСТ 17.2.3.02–78 “Охрана природы. Атмосфера”. Полученные результаты представлены на рис. 3.

Превышение $Kt_{атм}$ над $K_{атм}$ более чем в 2 раза свидетельствует о существенном негативном влиянии выбросов от промзон в атмосферу на состояние воздушного бассейна над городской территорией. Полученные величины показателей загрязнения атмосферы курортов КМВ приведены в табл. 2. К наиболее неблагоприятным в этом отношении городам можно отнести: Архангельск, Барнаул, Владивосток, Волгоград, Ижевск, Иркутск, Кемерово, Нижний Новгород, Новосибирск, Пенза, Пермь и Томск (см. рис. 3). Минимальное суммарное загрязнение от промзон получают города: Воронеж, Железноводск, Екатеринбург, Казань, Москва и Уфа. Оценивая в целом загрязнение атмосферы рассматриваемых городов, можно выделить 10 наиболее неблагоприятных: Владивосток ($Kt_{атм} = 13.41$), Новосибирск (13.37), Кемерово (13.14), Иркутск (12.97), Барнаул

(10.62), Пермь (10.34), Челябинск (8.82), Волгоград (8.43), Ижевск (7.33) и Екатеринбург (7.30).

РЕКИ. В рамках работы анализировались концентрации ЗВ в контрольных пунктах гидрохимических наблюдений, расположенных на реках, протекающих по территории 32 исследуемых городов. Анализировались данные, полученные в период 2000–2016 гг. Интегральная оценка загрязнения рек по гидрохимическим показателям осуществлялась по индексу загрязнения вод (ИЗВ). Расчет ИЗВ выполнялся по 6-ти показателям по формуле:

$$ИЗВ = \sum_{i=1}^N \frac{Ci/ПДКи}{N}, \quad (5)$$

где Ci – концентрация компонента; N – количество показателей, используемых для расчета индекса; ПДКи – предельно допустимая концентрация для соответствующего типа водного объекта.

В число 6-ти показателей при расчете ИЗВ входили концентрации марганца, меди, свинца, цинка, азота нитритного и биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅). В качестве ПДК принимались наиболее жесткие

Таблица 2. Показатели загрязнения атмосферы курортов КМВ

Город	Кисловодск	Ессентуки	Пятигорск	Железноводск
$K_{атм}$	2.36	2.13	2.48	1.72
$Kt_{атм}$	3.39	3.07	3.17	1.93

из следующих нормативов: приказ № 20 от 18.01.2010 г., разработанный для водных объектов рыбохозяйственного назначения, и ГН 2.1.5.1315-03 для объектов культурно-бытового водопользования. Мониторинг на курортах КМВ проводился на рр. Белая, Березовая, Ольховка, Аликоновка, Бугунта, Юца и Джемуха. Замеры проводились 1–2 раза в сезон с обязательным отбором проб в паводок, межень и половодье. Количество постов наблюдения: в Кисловодске – 15, Ессентуках – 6, Железноводске – 4, Пятигорске – 7. Химический анализ каждой пробы воды включал определение 32-х компонентов, в которые вошли основные ионы речных вод; индикаторы, характеризующие способность воды к самоочищению; тяжелые металлы (ТМ); индикаторы различных видов загрязнений; компоненты с повышенным на КМВ фоновым содержанием; неорганические ядовитые вещества; показатели радиационной безопасности. Микробиологические исследования воды включали определение: КМАФАнМ, БГКП, БГКП фекальные, *Pseudomonas aeruginosa*.

При одновременном присутствии в воде двух или более веществ I–II классов опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия, по каждой пробе рассчитывался лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) (табл. 3).

В зависимости от полученного значения ИЗВ водные объекты региона КМВ классифицированы по степени загрязнения следующим образом: чистые (1.6% всех проб), умеренно-загрязненные (23.8%), загрязненные (66.7%), грязные (3.2%) и очень грязные (4.8%). Доля неблагоприятных по микробиологическим показателям проб варьирует в зависимости от сезона года, достигая 94%. По лимитирующему показателю вредности (ЛПВ) 98% проб не отвечают требуемым нормативам. Во всех реках обнаружены вещества I–II классов опасности – мышьяк, кадмий, свинец, никель, стронций, селен, барий, нитриты, в концентрациях превышающих ПДК.

Диагностируя состояние поверхностных водотоков промышленных центров по величине ИЗВ

Таблица 3. Гидрохимические показатели загрязнения речных вод курортов КМВ

Показатель	Название реки						
	Белая	Ольховка	Березовая	Аликоновка	Бугунта	Юца	Джемуха
ИЗВ (мин-макс)	0.81–8.68	1.68–3.73	0.86–3.43	1.24–3.03	1.56–9.89	1.84–8.42	1.21–9.98
ЛПВ (мин-макс)	1.5–20.9	4.5–11.5	5.4–12.4	3.0–15.3	3.5–21.3	1.8–17.7	1.1–19.7

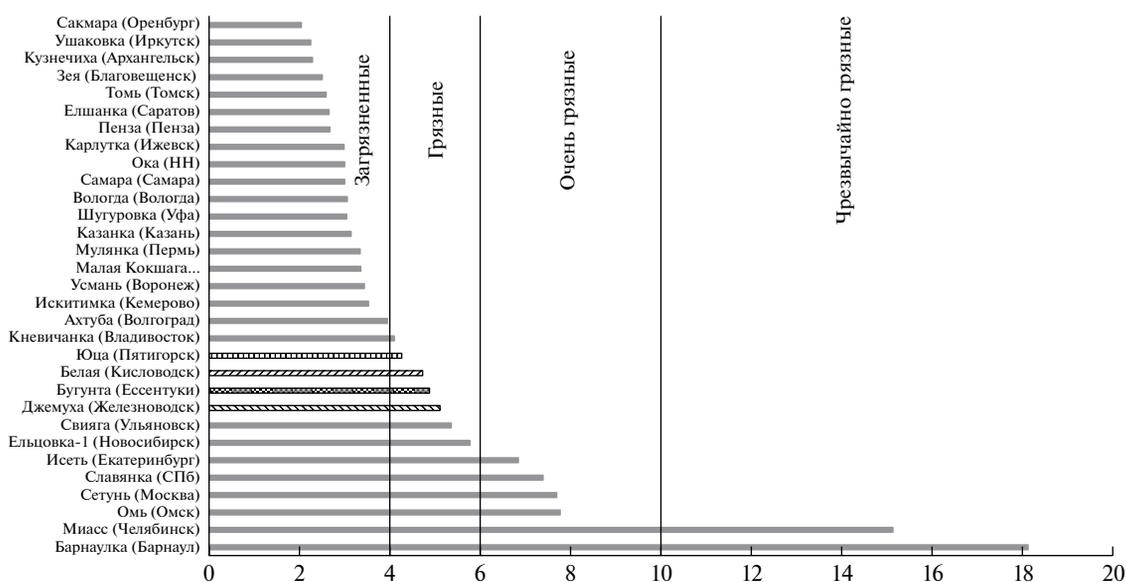


Рис. 4. Ранжирование ряда водных артерий по величине индекса загрязнения вод (ИЗВ).

(рис. 4), можно отметить, что рр. Барнаулка и Миасс относятся к VII классу качества – чрезвычайно грязные; рр. Омь, Сетунь, Славянка, Исеть соответствуют VI классу качества – очень грязные; рр. Ельцовка-1, Свяга, Джемуха, Бугунта, Белая, Юца, Кневичанка классифицируются как грязные – V класс качества. Остальные реки могут быть отнесены к загрязненным (IV класс качества).

Практически во всех реках приоритетными загрязняющими веществами являются Mn (1.6–100 ПДК), Cu (2–82 ПДК), Pb (1.3–10 ПДК), Zn (1.3–10 ПДК), Fe (1.1–17 ПДК), нефтепродукты (1.5–16 ПДК), фосфаты (1.4–14 ПДК). Из биогенных веществ основной загрязнитель – NO₂ (2–58 ПДК). Неблагоприятный кислородный режим отмечается на рр. Славянка (7.6), Кневичанка (7.5) и Мулянка (7.1), в них зафиксированы максимальные значения БПК₅. Минимальные концентрации растворенного кислорода зафиксированы в рр. Казанка (1.45 мг/дм³), Исеть (3.65 мг/дм³) и Славянка (5.4 мг/дм³). Максимальные концентрации ЗВ отмечены в реках Мулянка (Al, NO₃), Юца (Cu, Ni, NO₂), Барнаулка (Mn, фенолы), Миасс (Pb, Zn, фосфаты), Казанка (Fe), Омь (нефтепродукты). По величине интегральной оценки загрязнения речных вод из анализируемых городов наиболее неблагоприятные: Барнаул, Челябинск, Омск, Москва, СПб., Екатеринбург.

ПОЧВЫ. Геохимический мониторинг осуществлялся с 2011 по 2016 гг. в различных функциональных зонах (ФЗ) в пределах городской черты гг. Ессентуки, Железноводск, Кисловодск, Пятигорск. Мониторинг грунтов осуществлялся методом ключевых участков с глубиной отбора 0.1 м, т.е. в максимально трансформированном

слое, непосредственно контактирующим с поверхностью. Пробы отбирались весной и/или осенью методом конверта (размер 3×3 м) на регламентируемых ФЗ: детские площадки, рекреационные и селитебные зоны, первые зоны санитарной охраны водоемов, вблизи крупных автомагистралей и железнодорожного полотна, приусадебные участки, промышленные зоны. Плотность отбора в рамках данного исследования составила 1 проба/ 5 км², что допустимо, поскольку были обследованы все ФЗ курортов. Количество опытных площадок (ОП): в Кисловодске – 14, Ессентуках – 14, Железноводске – 12, Пятигорске – 17. С каждой площадки отбиралась одна объединенная проба, составленная из 5-ти точечных. За фон принимались параметры грунта, отобранного на юго-востоке г. Кисловодска в курортном парке на горе Малое Седло (высотная отметка 1219 м). Эта территория получает минимальное антропогенное воздействие и является автономной.

Химический анализ грунтов включал определение 21-го показателя. Это вещества I–II класса опасности, вещества с повышенным в почвах региона КМВ природным содержанием, индикаторы различного вида загрязнений, показатели радиоактивности пород зоны аэрации, пестициды, кислотность среды (рН). Оценка степени эпидемической опасности почвы включала согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 определение бактерий группы кишечной палочки (БГКП), энтерококков, патогенных бактерий, яиц гельминтов, личинок – Л-куколок и К-мух. Индекс БГКП превышен в 10–100 и более раз, индекс энтерококков в 10 и более раз. Результаты геохимических исследований селитебных зон курортов КМВ представлены в табл. 4.

Таблица 4. Концентрации загрязняющих веществ в почвах курортов КМВ

Показатель, мг/кг	Min. значение				Max. значение				Ср. значение				Фон
	Ж	Е	П	К	Ж	Е	П	К	Ж	Е	П	К	
Кадмий	0.70	0.40	0.46	0.74	1.80	1.20	1.84	2.19	1.16	0.70	0.90	1.65	1.00
Марганец	713.3	753	520.00	99.19	2934.80	1210.00	900.00	683.20	1294.08	1028.00	720.00	390.64	520.00
Медь	27.80	19.00	14.50	8.93	54.60	50.70	68.40	76.00	40.66	37.28	39.50	24.19	12.00
Мышьяк	1.00	1.15	0.94	1.39	2.97	1.87	5.70	6.80	2.09	1.47	2.50	3.61	2.20
Никель	37.80	33.80	43.00	18.00	78.90	72.90	86.40	60.00	61.86	61.46	57.70	27.04	24.00
Ртуть	0.10	0.02	0.10	0.01	0.85	0.22	0.95	0.24	0.26	0.08	0.34	0.08	0.02
Свинец	23.80	4.20	34.50	10.00	88.10	17.90	100.20	42.75	42.64	11.42	64.70	24.40	10.00
Стронций	263.00	170.00	112.20	125.00	648.00	490.00	215.90	240.00	402.40	270.00	198.40	201.23	125.00
Цинк	74.90	37.80	42.30	50.60	162.30	87.50	100.10	127.70	124.58	65.28	89.50	92.04	52.50

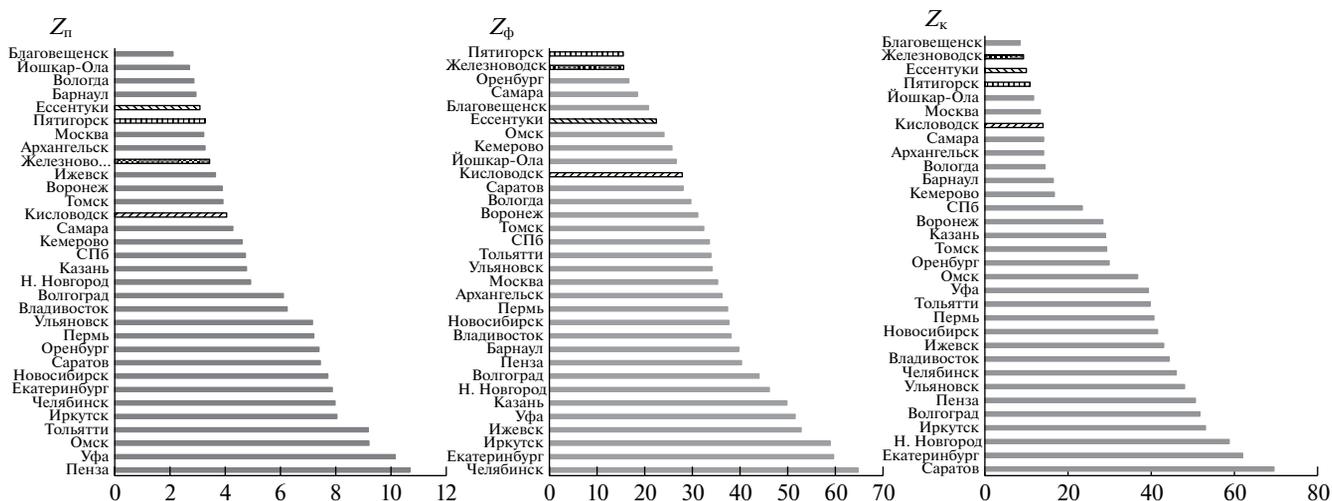


Рис. 5. Суммарное загрязнение почв ряда городов РФ комплексом металлов, рассчитанное по величинам Z_p , Z_f , Z_k .

Полученные результаты [12] сопоставлялись со средневзвешенным содержанием валовых форм ЗВ в селитебных ФЗ промышленных городов. Для оценки концентрации ТМ и суммарного загрязнения почв рассчитывались геохимические показатели Z_f (приведенные к фону), Z_k (приведенные к кларку), Z_p (приведенные к ПДК). Результаты представлены на рис. 5.

По значению Z_f почвы курортов КМВ классифицированы по степени загрязнения следующим образом: допустимая категория (15% всех проб), умеренно-опасная (64%), опасная (21%). Характерные ЗВ: для почв Кисловодска – мышьяк, кадмий, фтор, нефтепродукты; Ессентуков – аммонийный азот, нитратный азот, никель; Железноводска – цинк, медь, никель, стронций, алюминий, марганец, фосфаты, цезий-137; Пятигорска – ртуть, свинец, нефтепродукты, стронций-90.

Характеризуя состояние почв промышленных городов, можно отметить, что максимальные концентрации свинца зафиксированы в Екатеринбурге (3 ПДК), Владивостоке (2.7 ПДК), Нижнем Новгороде и Волгограде (2.6 ПДК). Наибольшее содержание в почвах кадмия характерно для Челябинска (2.9 ПДК), Кемерово и Тольятти (1.5 ПДК). Превышение по цинку установлено в Уфе (8.9 ПДК), Пензе (4.3 ПДК) и Нижнем Новгороде (4.1 ПДК). Максимальные концентрации меди выявлены в Тольятти (2.8 ПДК), Иркутске (2.1 ПДК), Новосибирске (2 ПДК) и Омске (1.7 ПДК); никеля в Тольятти (2.6 ПДК), Иркутске (2.3 ПДК), Уфе (2.2 ПДК), Саратове и Перми (1.6 ПДК). Концентрация ртути превышена в почвах Саратова (1,6 ПДК)

и Челябинска (1,7 ПДК). Содержание марганца превышает нормативы в грунтах Перми (2 ПДК), Иркутска и Саратова (1.4 ПДК); мышьяка в Омске (2.7 ПДК), Саратове (2.6 ПДК), Благовещенске (1.8 ПДК) и Волгограде (1.4 ПДК).

По величине суммарного показателя загрязнения Z_f наиболее неблагоприятные города: Челябинск, Екатеринбург, Иркутск, Ижевск, Уфа, Казань и Нижний Новгород. По величине суммарного показателя загрязнения почв Z_p : Челябинск, Екатеринбург, Иркутск, Тольятти, Омск, Уфа и Пенза.

На следующем этапе исследования для сопоставления ЭС курортов КМВ и крупных промышленных центров были проанализированы медико-демографические показатели здоровья населения (биологический мониторинг). Были собраны и проанализированы данные за 10-летний период (2005–2015 гг.) по 10 нозологическим формам (НФ) заболеваний, относимым к эколого-зависимым у детей (0–14 лет), зарегистрированным впервые в жизни. В основу выбора данной группы населения легли следующие причины: отсутствие профессиональных воздействий и вредных привычек, более рациональное питание, больше контактов с внешней средой, более оседлый образ жизни. Анализировались нозологические единицы: общая заболеваемость (ОЗ), врожденные пороки развития (ВПР), врожденные аномалии системы кровообращения, синдром Дауна (СД), детский церебральный паралич (ДЦП), новообразования (НО), поллиноз, астма, отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде, а также показатель младенческой смертности. Были рассчитаны средние

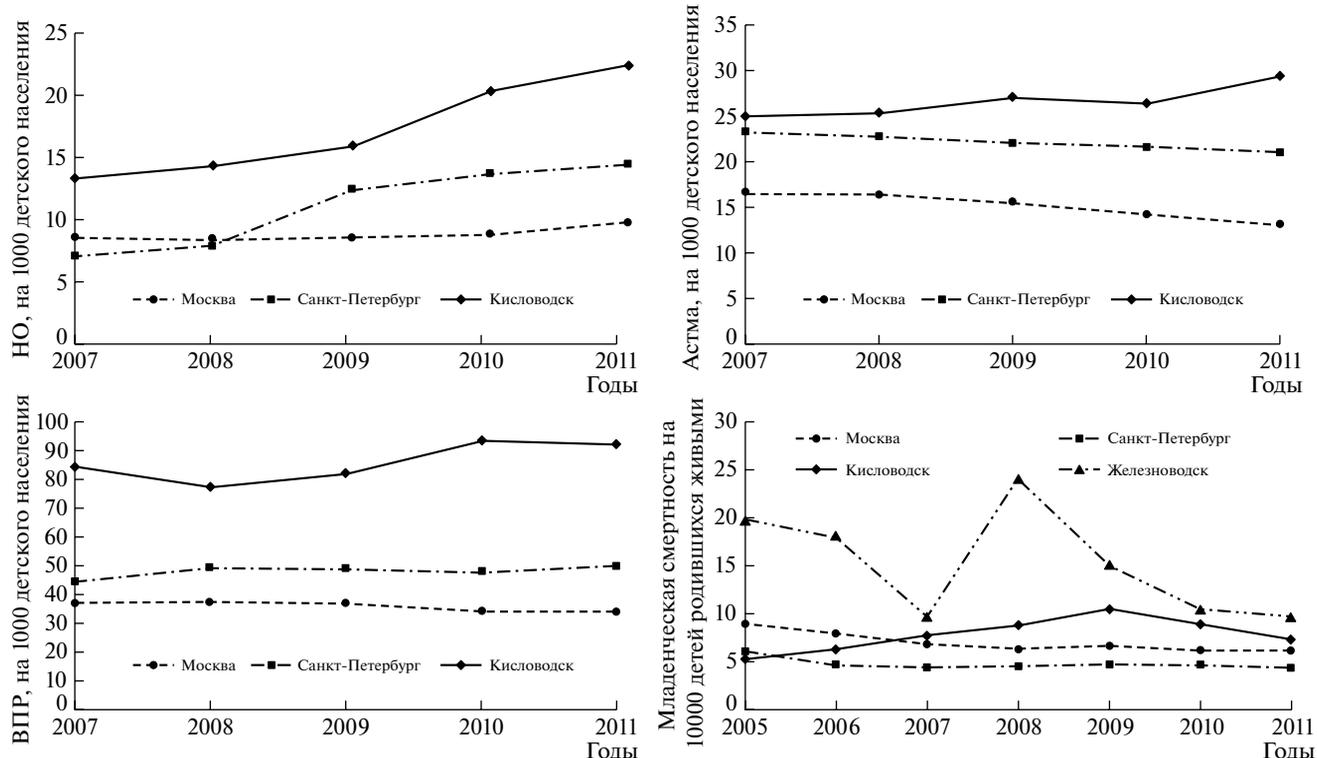


Рис. 6. Динамика эколого-зависимых заболеваний и младенческой смертности у детей в городах РФ.

многолетние значения и темпы прироста. Необходимость данных исследований обусловлена тем, что физико-химические методы указывают лишь на содержание определенных загрязнителей и не могут дать ответа на вопрос о качестве окружающей среды, ее пригодности для обитания, а тем более оздоровления человека. Установлено, что “ответная реакция” населения на антропогенное загрязнение проявляется в достоверном увеличении заболеваний всех групп населения. При оценке экологической ситуации один из важнейших показателей – коэффициент младенческой смертности (МС). По данным ВОЗ, 20% детской заболеваемости и инвалидности, а также 15–20% детской смертности вызваны пороками развития. Считается, что 10% из них обусловлены действием вредных факторов окружающей среды, 10% – хромосомными изменениями, а остальные 80% обычно носят смешанный характер.

Коэффициент младенческой смертности в Kislovodске варьировал от 5.3 (2005 г.) до 16.3 (2000 г.), в среднем – 10.4. Данный показатель в Kislovodске выше, чем в Москве (8.7) и Санкт-Петербурге (6.2). Среди нозологических форм в Kislovodске наибольший рост прослеживается по новообразованиям, ВПР и астме

(рис. 6). За 5 лет (2007–2011 гг.) прирост заболеваемости детей ВПР и онкологическими заболеваниями составили в Kislovodске (26.3% и 73%). Поскольку статистическая информация по медико-демографическим показателям здоровья населения по отдельным городам отсутствует, была проанализирована ситуация по субъектам РФ, что возможно, принимая допущение о том, что показатели здоровья населения в крупных промышленных городах, в большинстве своем являющихся краевыми и областными центрами, соответствуют либо превосходят среднекраевые показатели. По средним многолетним данным по синдрому Дауна Ставропольский край занимает 1 место (899 детей на 100 000 детского населения). Для сравнения в Москве – 591.4, Санкт-Петербурге – 714. Анализ темпов прироста по NO свидетельствует о неблагоприятной динамике в Ставропольском крае – прирост (на 63%), в Москве – 41.7%, СПб. – 189.4%. Прирост врожденных anomalies системы кровообращения в Ставропольском крае составили – 368.6%, в Москве – 97.6%, СПб. – 280.9%.

На следующем этапе исследований был рассчитан показатель суммарной величины антропогенной нагрузки (ВАН) на окружающую

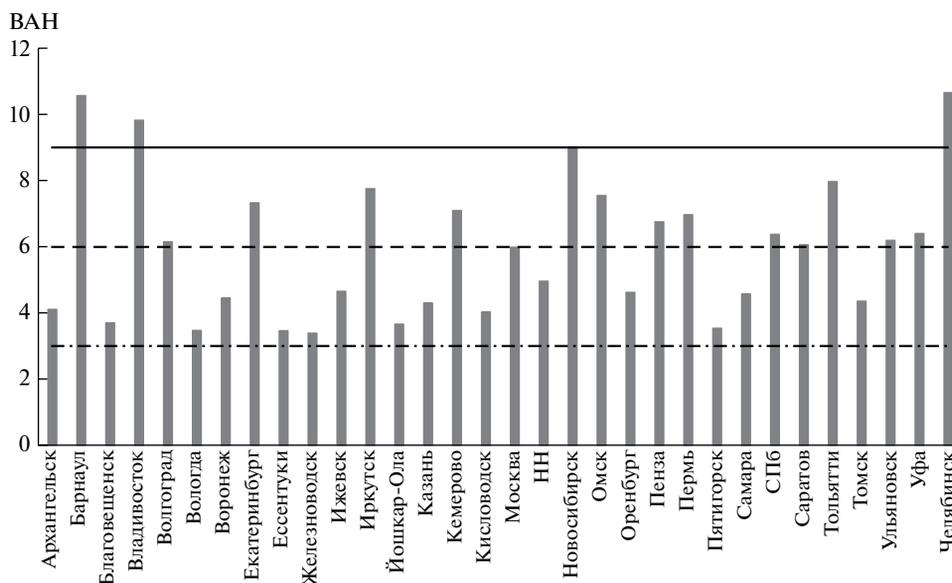


Рис. 7. Величина антропогенной нагрузки на территории ряда городов РФ.

среду данного населенного пункта по формуле:

$$\text{ВАН} = (K_{\text{атм}} + \text{ИЗВ} + Z_{\text{п}}) / N, \quad (6)$$

где $K_{\text{атм}}$ – показатель загрязнения атмосферы; ИЗВ – индекс загрязнения речных вод; $Z_{\text{п}}$ – показатель загрязнения почвы; N – число единиц, соответствующих количеству учтенных пофакторных оценок.

Для полной оценки антропогенной нагрузки в формулу (6) необходимо также ввести показатели загрязнения подземной гидросферы – индекс загрязнения подземных вод (ИЗПВ) и значение мощности дозы гамма-излучения на территории \bar{H} .

Данные по суммарной величине антропогенной нагрузки представлены на рис. 7. В зависимости от значения ВАН экологическое состояние территории можно дифференцировать как удовлетворительное (ВАН ниже или равна числу учтенных факторов); напряженное (ВАН превышает число учтенных факторов в 2 раза); критическое (ВАН превышает число учтенных факторов в 3 раза); катастрофическое (ВАН превышает число учтенных факторов более чем в 3 раза). Среди анализируемых городов отсутствуют те, в которых $\text{ВАН} \leq 3$.

К городам с $\text{ВАН} \leq 6$ (ЭС напряженное) относятся: Архангельск, Благовещенск, Вологда, Воронеж, Ессентуки, Железноводск, Ижевск,

Йошкар-Ола, Казань, Кисловодск, Оренбург, Нижний Новгород, Пятигорск, Самара, Томск.

Города с критическим ЭС, где $\text{ВАН} \leq 9$: Волгоград, Екатеринбург, Иркутск, Кемерово, Москва, Омск, Новосибирск, Пенза, Пермь, СПб., Саратов, Тольятти, Ульяновск, Уфа. К городам с катастрофическим ЭС ($\text{ВАН} > 9$) отнесены: Барнаул, Владивосток и Челябинск.

Взаимоотношения в системе “природа – общество” по Б. Коммонеру неизбежно приводит к моменту, отдачи долгов природе, ведь “платежа по этому векселю нельзя избежать; он может быть только отсрочен”. На сегодняшний день состояние окружающей среды курортов КМВ таково, что дальнейшая “отсрочка платежа” может привести к критической экологической ситуации бальнеоклиматических здравниц, не имеющих аналогов в России. Из-за высокого загрязнения грунтовых вод залегающие непосредственно под ними артезианские минеральные воды бактериально загрязнены и содержат повышенные концентрации тяжелых металлов, азотсодержащих соединений, нефтепродуктов, фосфатов и др. Большинство скважин и минералопроводов исчерпали свой амортизационный ресурс, так как введены в эксплуатацию еще в XIX в., в начале и середине XX в. Необходимо бурение скважин дублеров, проведение капитального ремонта каптажей источников и надкаптажных сооружений. Остановимся кратко на характеристике наиболее

неблагополучных минеральных источниках региона КМВ.

Железноводск. В начале 80-х годов прошлого столетия прекращена подача минеральной воды Баталинского месторождения в связи с появлением в ней ядохимикатов и бактериальным загрязнением. Во II зоне санитарной охраны в грунтовых водах присутствуют чрезвычайно опасные концентрации марганца до 68 ПДК, лития до 22.8 ПДК и бора до 3.9 ПДК.

Пятигорск. Качество минеральной воды скважин Академическая 2, Теплосерная 1 и 3, Радиошольня 2, Народный и др. не стабильно по микробиологическим показателям, в связи с чем не может использоваться для питья. В грунтовых водах зафиксировано повышенное содержание нефтепродуктов до 17.8 ПДК, марганца до 15 ПДК, бария до 18 ПДК, мышьяка до 3 ПДК, аммония до 20 ПДК, бора до 5 ПДК. За счет разубоживания существенно ухудшилось качество Тамбуканских грязей.

Ессентуки. Из-за бактериального загрязнения и потери кондиций не используются для питьевых целей воды из четвертичного водоносного горизонта «Ессентуки-20», Гаазо-Пономаревский и др. В грунтовых водах зафиксировано содержание аммония до 20 ПДК, нитратов до 10 ПДК, бария до 28 ПДК, стронция до 10 ПДК, бора до 8 ПДК, фенолов до 70 ПДК.

Кисловодск. Микробиологическое состояние воды источника «Нарзан» ухудшается. В 1990-х годах доля неблагоприятных проб составляла 65–90% от общего их количества за год, в настоящее время – практически 100%. В грунтовых водах в I зоне санитарной охраны присутствуют высокие концентрации стронция до 13 ПДК, железа до 49 ПДК, марганца до 15 ПДК, мышьяка до 2 ПДК, бария до 5 ПДК, алюминия до 4 ПДК. Вода скважины 5/0-бис, входящей в ГОСТ 54316-2011, не может использоваться для питья, как в силу бактериологического загрязнения, так и в связи с полной потерей кондиций. В 2016 г. средние значения минерализации составили 1.1 г/дм³ (норма 2–3.5 г/дм³), растворенной углекислоты – 0.3 г/дм³ (норма 1.0–2.5 г/дм³). Скважина 5/0, представленная в ГОСТ 54316-2011 как Долomitный Нарзан, не соответствует требованиям ни по основному ионному составу, ни по минерализации 3.0 г/дм³ (норма 4.0–4.5 г/дм³) [10].

Остаточные количества пестицидов (ГХЦГ, ДДТ), до сих пор применяемых на территории региона, присутствуют на всех месторождениях

минеральных вод практически во всех водоносных горизонтах, в том числе и глубоко-залегающих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения. СПб.: Астерион, 2008. 254 с.
2. Города России: энциклопедия / Гл. ред. Г.М. Ланно. М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 1998. 559 с.
3. Дементьева Д.М., Бобровский И.Н. Районирование территории Ставропольского края по показателям состояния здоровья населения // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 2. С. 81–82.
4. 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.
5. Основные показатели охраны окружающей среды: статистический бюллетень. М.: Росстат, 2013. 112 с.
6. Першин И.М., Помеляйко И.С. Системный анализ экологического состояния зоны гипергенеза курорта Кисловодск // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2013. № 3. С. 74–81.
7. Помеляйко И.С., Лопатина Т.Н. Сравнительный анализ экологического состояния крупных промышленных городов РФ и курорта федерального значения // Социология города. 2015. № 2. С. 55–75.
8. 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.
9. Помеляйко И.С. Определение комплексной антропогенной нагрузки на городскую территорию ряда городов РФ // Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. Вып. 18. М.: РУДН, 2016. С. 340–345.
10. Помеляйко И.С. Результаты комплексного экологического мониторинга региона Кавказских Минеральных Вод // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. Вып. 19. М.: РУДН, 2017. С. 333–339.
11. Помеляйко И.С. Системный анализ экологического состояния зоны гипергенеза урбанизированных территорий (на примере курорта федерального значения Кисловодска) // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Пятигорск, 2012. 21 с.
12. Помеляйко И.С. Эколого-геохимическое ранжирование селитебных зон ряда курортных

и промышленных городов РФ по трем оценочным показателям загрязнения почв // Геоэкология. 2017. № 1. С. 28–39.

13. Справка о состоянии загрязнения атмосферного воздуха в г. Кисловодске за 1994–2015 гг. СПб.: НПК «Атмосфера», 2013. 50 с.
14. Унифицированные методы сбора данных, анализа и оценки заболеваемости населения с учетом комплексного действия факторов окружающей среды: Методические рекомендации. М.: Минздрав России, 1996. 35 с.

REFERENCES

1. Bezuglaya, E. Yu., Smirnova, I.V. *Vozdukh gorodov i ego izmeneniya*. [Urban air and its transformation]. St. Petersburg, Asterion, 2008. 254 p. (in Russian).
2. *Goroda Rossii: entsiklopediya* [Cities of Russia: encyclopedia]. Lappo G.M., Ed., Moscow, Bol'shaya Rossiiskaya entsiklopediya Publ., 1998. 559 p. (in Russian).
3. Dement'eva, D.M., Bobrovskii, I.N. *Rayonirovanie territorii Stavropolskogo kraya po pokazatelyam sostoyaniya zdorovya naseleniya* [Zoning of the territory of the Stavropol Territory by indicators of the health status of the population]. *Sovremennyye naukoemkie tekhnologii*, 2010, no 2, pp. 81–89 (in Russian).
4. *Kislovodskoe mestorozhdenie uglekislykh mineral'nykh vod: sistemnyi analiz, diagnostika, prognoz, upravlenie*. [Kislovodsk deposit of carbon-dioxide mineral waters: System analysis, diagnosis, prognosis, management]. A.V. Malkov, I.M. Pershin, I.S. Pomelyayko et al. Moscow, Nauka, 2015. 283 p. (in Russian).
5. *Osnovnye pokazateli okhrany okruzhayushchei sredy: statisticheskii byulleten'*. [The main indicators of environmental protection: statistical Bulletin]. Moscow, Rosstat, 2013. 112 p. (in Russian).
6. Pershin, I.M., Pomelyaiko, I.S. *Sistemnyi analiz ekologicheskogo sostoyaniya zony gipergeneza kurorta Kislovodskogo universiteta* [System analysis of the ecological state of the hypergenesis zone of Kislovodsk resort University]. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta*. 2013, no 3, pp. 74–81 (in Russian).
7. Pomelyaiko, I.S., Lopatina, T.N. *Sravnitel'nyi analiz ekologicheskogo sostoyaniya krupnykh promyshlennykh gorodov RF i kurorta federal'nogo znacheniya* [Comparative analysis of the environmental conditions of large industrial cities of the Russian Federation and the federal resort city]. *Sotsiologiya goroda*, 2015, no. 2, pp. 55–75 (in Russian).
8. Pomelyaiko, I.S., Pomelyaiko, V.I. *Kompleksnaya antropotekhnogennaya nagruzka na gorodskuyu territoriyu ryada krupnykh promyshlennykh gorodov i kurortov federal'nogo znacheniya Rossii* [Comprehensive anthropo-technogenic load on the urban area in a number of major industrial cities and resorts of federal value in Russia]. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*. 2016, no. 1, pp. 47–55 (in Russian).
9. Pomelyaiko, I.S. [Determination of the combined anthropo-technogenic load on the city territory in a number of cities of the Russian Federation] *Trudy Sergeevskie chteniya. Inzhenernaya geologiya i geoekologiya. Fundamental'nye problemy i prikladnye zadachi*. Vyp. 18. *Materialy godichnoi sessii Nauchnogo soveta RAN*. [Sergeev readings. Engineering Geology and Geoecology. Fundamental problems and applied tasks. Vol. 18. Proc. annual session of Scientific Council RAS]. Moscow, 2016, pp. 340–345 (in Russian).
10. Pomelyaiko, I.S. [Results of complex ecological monitoring of the region of the Caucasian Mineral Waters] *Trudy Sergeevskie chteniya. Geoekologicheskaya bezopasnost' razrabotki mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh*. Vyp. 19. *Materialy godichnoi sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoekologii, inzhenernoj geologii i gidrogeologii*. [Sergeevsky readings. Geoecological safety of mining mineral deposits. Vol. 19. Proc. annual session of the Scientific Council RAS on the problems in geoecology, engineering geology and hydrogeology]. Moscow, 2017, pp. 333–339 (in Russian).
11. Pomelyaiko, I.S. *Sistemnyi analiz ekologicheskogo sostoyaniya zony gipergeneza urbanizirovannykh territorii (na primere kurorta federal'nogo znacheniya Kislovodsk): Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk*. [System analysis of the ecological state of the supergene zone urbanized areas (for example, federal resort of Kislovodsk): Abstract. Dis. .. Cand. techn. Sci.]. Pyatigorsk State Humanitarian University of Technology, 2012, 21 p. (in Russian).
12. Pomelyaiko, I.S. *Ekologo-geokhimicheskoe ranzhirovanie selitebnykh zon ryada kurortnykh i promyshlennykh gorodov RF po trem otsenochnym pokazatelyam zagryazneniya pochv* [Ecological and geochemical ranking of residential areas in a number of resorts and industrial cities of the Russian Federation on three assessment indicators of soil pollution]. *Geoekologiya*, 2017, no 1, pp. 28–39 (in Russian).
13. *Spravka o sostoyanii zagryazneniya atmosfernogo vozdukha v g. Kislovodske za 1994–2015 gg.* [Information on the state of atmosphere pollution in the city of Kislovodsk for 1994–2015]. St. Petersburg, NPK «Атмосфера», 2013, 50 p. (in Russian).
14. *Unifitsirovannyye metody sbora dannykh, analiza i otsenki zabolevaemosti naseleniya s uchetom kompleksnogo deistviya faktorov okruzhayushchei sredy: Metodicheskie rekomendatsii*. [Standardized methods of data collection, analysis and evaluation of morbidity taking into account complex action of environmental factors: Methodological recommendations]. Moscow, Ministry of Health of Russia, 1996, 35 p. (in Russian).

ANALYSIS OF NATURAL ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN SOME RUSSIAN CITIES

I.S. Pomelyaiko

*Pyatigorsk branch, North-Caucasian Federal University,
ul. 40 let Oktyabrya 56, Pyatigorsk, Stavropol krai, 357700 Russia.
E-mail: i.pomelyayko@yandex.ru*

Russia hosts only 11 resorts of federal value (1% of all Russian cities). Four of them, i.e., Kislovodsk, Essentuki, Zheleznovodsk and Pyatigorsk, are included in the Caucasian Mineral Waters, which is a specially protected ecological resort region of the Russian Federation. Despite the special protection regime, in recent years, the environmental situation has deteriorated considerably in the resorts. According to official figures, the resort towns of the Caucasian Mineral Waters, in particular, Kislovodsk, Essentuki and Zheleznovodsk, are the benchmarks in environmentally safe area. In order to identify and predict adequately the ecological state of the resorts, the system analysis of natural areas was made. For a more detailed specification of the atmosphere, the capacity of cities was considered, for each of them the meteorological capacities of the atmosphere self-purification having been calculated. The unfavorable conditions for self-purification of the atmosphere are noted that in the cities of Essentuki, Zheleznovodsk and Pyatigorsk. In Kislovodsk, due to the geomorphological characteristics, the extremely unfavorable conditions for self-purification of the atmosphere prevail. The monitoring data were collected and analyzed for the atmosphere, river water, soil, as well as for the health and demographic indicators of population; and 28 large industrial city were officially referred to the most polluted cities of the Russian Federation. We obtained the following conclusions: the average content of pollutants in soils and rivers resorts Caucasian Mineral Waters corresponds to their concentration in similar environments, in a number of large industrial cities with a critical ecological state. Integral assessment of the health status of the population of industrial centers and resorts in the Caucasian Mineral Waters, correspond to the critical environmental situation. The reason lies in the number of natural features of the area that contribute to the accumulation of pollutants and to the formation of zones of anthropo-technogenic pollution resorts. The current layout of resorts contributes to the accumulation of pollutants in the environment. The author proposes to calculate the total value of the anthropogenic load (VAN) on the environment in a settlement. The results show that the ecological status of the Caucasian Mineral Waters resorts is far from being safe and can be classified as intense. This is the case for 11 of 28 large industrial cities under consideration. The maximum human load is obtained for the cities of Barnaul, Vladivostok and Chelyabinsk.

Key words: *CMW resorts, industrial cities, ecological condition, system analysis, diagnostics, the magnitude of anthropogenic load.*