

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНОГО РЕГИОНА СЕВЕРА¹

© 2010 г. Т. И. Моисеенко*, В. В. Мегорский**, Н. А. Гашкина*, Л. П. Кудрявцева**

*Институт водных проблем Российской академии наук
119333 Москва, ул. Губкина, 3

**Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра Российской академии наук
184200 Анапиты, ул. Ферсмана, 14

Поступила в редакцию 21.05.2009 г.

Дана характеристика загрязнения водоисточников и питьевых вод ряда городов и поселков Кольского Севера металлами, стоками и воздушными выбросами предприятий горно-металлургической промышленности. Приведены статистические данные по заболеваемости населения. Установлены зависимости между показателями качества вод и накоплением тяжелых металлов в почках и печени посмертно обследованных пациентов, а также результаты их гистологического, клинического и патолого-анатомического обследования. На основе результатов комплексных исследований дана оценка последствий загрязнения питьевых вод на здоровье населения региона.

Ключевые слова: качество вод, загрязнение, металлы, биоаккумуляция, здоовье населения.

Повышение содержания в воде опасных элементов (металлов и металлоидов) происходит вследствие непосредственного сброса сточных вод металлургических производств в озера и реки, смыва с территорий промышленных и урбанизированных площадей, выпадения из загрязненной атмосферы, выщелачивания кислотными осадками из отвалов на водосборе. В комплексе это приводит к обогащению вод большим спектром микроэлементов, многие из которых токсичны для человека. Элементы подразделяются на эссенциальные (биофильные) и неэссенциальные. К первой группе относится большая группа металлов, таких как Fe, Co, Cu, Cr, Mn, Zn и др. Эти элементы функционально присущи в тех или иных концентрациях живым организмам, однако при высоком содержании в окружающей среде оказывают на них токсическое действие, а их накопление в организме приводит к нарушению ряда биохимических функций. К группе неэссенциальных элементов относятся Pb, Cd, Hg. Эти элементы токсичны и представляют большую опасность для живых организмов. Наиболее общие сведения о характере влияния избытка или недостатка тех или иных элементов в окружающей среде, включая питьевые воды, на здоровье населения представлены в работах [8–11, 14, 23].

Ряд массовых заболеваний человека связан с образованием техногенных геохимических аномалий. Например, Hg вызывает неврологический эффект, Cd и Pb обладают канцерогенными и го-

надотоксичными свойствами. Накопление в организме эссенциальных микроэлементов приводит к эндемичным заболеваниям. Например, Sr способствует патологиям костных тканей, Mb – подагре, Cu – анемии [2, 12]. В последние годы широко известность получают новые токсичные свойства элементов. Примером служит Al, который активно выщелачивается в водоемы под воздействием кислотных осадков. Доказано, что не столько низкие значения pH, сколько связанные с ними высокие концентрации ионных форм Al приводят к гибели водной фауны. Ряд неврологических заболеваний человека связывают с высоким содержанием этого элемента в питьевых водах [15, 19, 24].

Кольский север России – один из промышленно развитых регионов, здесь широко осваиваются медно-никелевые, железистые, апатито-нефелиновые, редко-земельные руды, а в ближайшей перспективе – освоение платиновых, хромитовых, золотоносных и алмазных месторождений. Отвалы горных пород и отработанных руд, шахтные и карьерные воды, стоки и складированные отходы обогатительных производств – источники техногенной миграции ряда элементов. Кислотные осадки, формирующиеся вследствие выбросов в атмосферу кислотообразующих агентов плавильными цехами металлургических комплексов и трансграничных переносов, ускоряют процессы химического выщелачивания элементов и их миграцию. Показано, что в современных условиях формируются новые техногенные геохимические провинции [5, 18], экологические последствия которых требуют пристального

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН № 21 “Фундаментальные науки – медицине”.

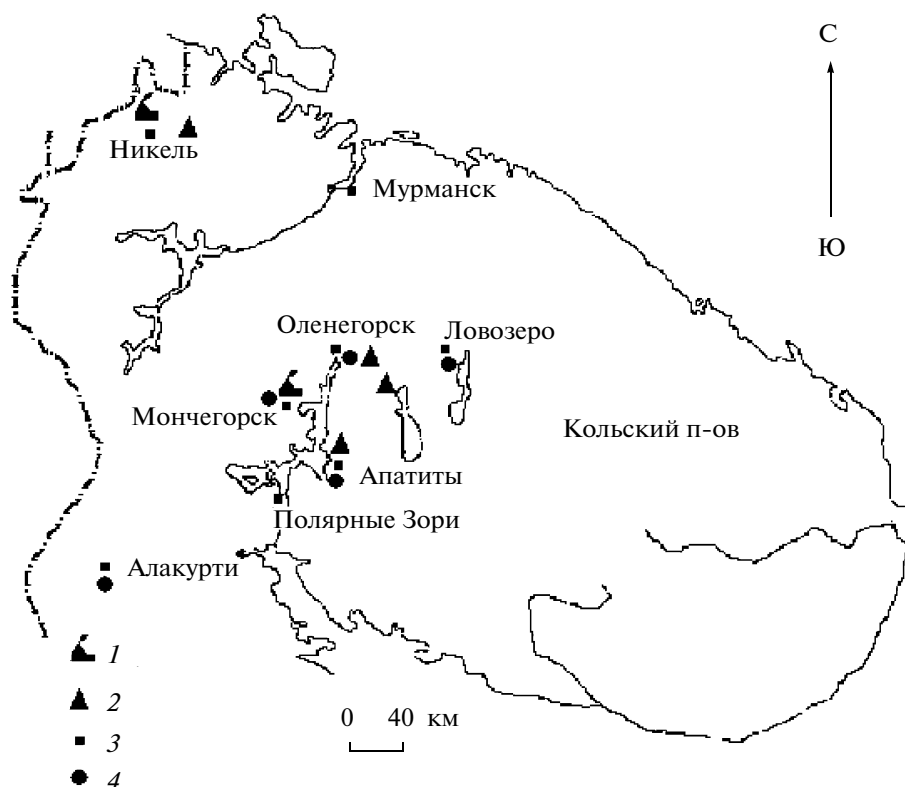


Рис. 1. Схема расположения медно-никелевых комбинатов 1, рудников и горно-обогатительных фабрик 2, населенных пунктов 3 и водозаборов питьевых вод 4.

внимания, особенно — изучения влияния загрязнения поверхностных вод на здоровье населения. Как ни парадоксально, для питьевого водоснабжения основных городов часто используют воду из поверхностных водных объектов, которые получают стоки производств или находятся в зоне аэротехногенного загрязнения.

Цели выполненных исследований были следующие:

выявление загрязнения поверхностных вод — источников питьевого водоснабжения токсичными тяжелыми металлами (ТМ) на примере шести городов и поселков индустриально-развитого Кольского региона Севера;

оценка эффективности очистки вод от металлов в процессе водоподготовки;

оценка заболеваемости населения в городах и поселках, использующих воду для питьевого водоснабжения из поверхностных водных объектов;

определения влияния загрязнения питьевых вод и аккумуляции ТМ в органах человека на здоровье населения, включая развитие металло-обусловленных патологий у людей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Комплексные исследования проводились в индустриально развитых городах (Мончегорск, Апатиты, Полярные Зори, Оленегорск), а также в более отдаленных поселках (Аллакурты и Ловозеро), использующих воду для питьевого водоснабжения из поверхностных источников водоснабжения. Схема размещения основных производств и водозаборов питьевого водоснабжения представлена на рис. 1. Забор воды для питьевого снабжения населения г. Мончегорска осуществляется из оз. Монче, которое находится в зоне аэротехногенного загрязнения выбросами комбината “Североникель”; а городов Апатиты и Полярные Зори — из оз. Имандра. Водозаборы городов Апатиты и Полярные Зори расположены в зонах транзитного смешанного потока сточных вод от различных производств (комбината “Североникель”, ОАО “Апатит”, Оленегорского горно-обогатительного комбината), а также хозяйственных стоков городов Апатиты и Мончегорск. Расстояние от мест различных сбросов до точки водозабора г. Апатиты — 50–100 км, г. Полярные Зори — 100–150 км. Водоснабжение поселков Ловозеро и Аллакурты производится также из поверхностных водоемов, однако, достаточно удаленных от районов промышленных центров (>200 км от факела дымовых выбросов).

Пробы питьевой воды для анализа отбирались из источника водоснабжения и из водопроводных сетей при подаче населению, что позволило оценить изменения химического состава вод после доочистки и прохождения по трубопроводам. Пробы воды отбирались в полиэтиленовые бутылки фирмы Nalgen®, материал которых не имеет сорбирующих свойств. Бутылки были тщательно очищены в лаборатории и дважды ополаскивались водой озера перед отбором. После отбора образцы помещались в темные контейнеры и в охлажденном виде (приблизительно +4°C) транспортировались в сжатые сроки в лабораторию. Для определения микроэлементов пробы воды также фильтровались в полевых условиях с использованием установки Milipore, фильтрованные и не фильтрованные пробы подкислялись азотной кислотой и уже в подготовленном виде отправлялись в лабораторию для дальнейшего анализа.

Химические анализы проб воды выполнены по единым методикам в лаборатории Института проблем промышленной экологии Севера (ИППЭС) КНЦ РАН. Концентрации микроэлементов Sr, Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Zn, Cd, Co, Pb, As определялась атомно-абсорбционным методом (GFAAS, model Perkin-Elmer-5000) с непламенной атомизацией (HGA-400). Контроль качества измерений осуществлялся при жестком внутрилабораторном контроле и подтверждался ежегодными международными интеркалибрациями, включая определения микроэлементов, которые аналитическая лаборатория ИППЭС КНЦ РАН проводит с рядом Европейских лабораторий в рамках совместных проектов. Для большинства проб определения выполнены двумя методами.

При анализе заболеваемости населения в городах и поселках использовались данные комитета здравоохранения Мурманской обл., Мурманского областного онкологического центра и Московского научно-исследовательского онкологического института.

Для изучения аккумуляции ТМ в тканях жителей данных населенных пунктов для анализа отбирались ткани печени и почек у людей, проживших в данной местности не менее 10 лет и не работавших непосредственно на предприятиях с высокой вредностью труда (110 обследованных посмертно пациентов). В случае хронического алкоголизма или вирусных гепатитов объекты исключались из исследований. В качестве контрольной группы как “нормы” микроэлементного состава органов при оценках степени биоаккумуляции металлов в них были взяты соответствующие ткани плода (мертворожденных и поздних выкидышей). Принималось, что трансплцентарный барьер предотвращает проникновение металлов в организм развивающегося плода. Одновременно отбирались патологоанатомические пробы на гистологическое исследование, в дальнейшем проводимое по общепринятым методам. В основу

комплексного заключения о заболеваемости людей положены результаты анализа клинических, гистологических и лабораторных показателей обследованных пациентов. В изучаемые клинические признаки вошли данные анамнеза, результаты клинического обследования при жизни и патологоанатомическое заключение после смерти.

Подготовка проб для определения содержаний микроэлементов осуществлялась методом мокрого разложения в концентрированной азотной кислоте с добавлением перекиси водорода. Определение элементов в биологических образцах проводилось также методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии с графитовой атомизацией на приборах фирмы Perkin-Elmer (Perkin-Elmer-5000, Analyst-800 с Зеемановским корректором фона). Содержание ртути определялось на анализаторе ртути FIMS-100 (фирма Perkin-Elmer). Для приготовления шкал концентраций использовались стандартные растворы фирмы Merck.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Характеристика загрязнения вод в районах водозабора и при подаче населению

Содержание металлов в водных объектах питьевого назначения и в питьевых водах при подаче населению городов и поселков представлено в табл. 1. Оз. Монче находится в зоне аэротехногенного загрязнения от источника дымовых выбросов комбината Североникель (<30 км). Воды озера характеризуются повышенным содержанием Ni, Cu, Cd и других металлов по отношению к фоновым значениям. Водозабор г. Оленегорск также находится в зоне распространения дымовых выбросов, но на более дальнем расстоянии (>50 км), соответственно содержание металлов в водах озера питьевого водоснабжения ниже. Поселки Ловозеро и Аллакурти снабжаются из озер, содержание металлов в водах которых соответствует региональному фону. Высокие концентрации Sr в водах п. Аллакурти объясняются геохимическими особенностями слагающих пород в этом районе. Водоснабжение г. Апатиты осуществляется из оз. Имандра, загрязняемого сточными водами комбината “Североникель”. При этом концентрации металлов в точке водозабора на оз. Имандра ниже, чем в оз. Монче вследствие большего объема озера, но они значительно выше фоновых значений. В местах сброса стоков концентрации Ni и Cu выше в 5–10 раз по сравнению с зоной водозабора [6].

Питьевые воды после прохождения в технологических циклах водоподготовки очищаются незначительно по сравнению с водой из природных объектов. Для населенных пунктов отмечается рост концентраций Fe в воде в процессе ее прохождения по трубопроводам вследствие выщелачивания из стальных труб. Для г. Мончегорска установ-

Таблица 1. Содержание металлов в природных водоемах в местах водозабора источников водоснабжения (числитель) и в водопроводе при подачи населению (знаменатель) городов и поселков Мурманской обл.

Источник водоснабжения/населенный пункт	Ni	Cu	Cd	Pb	Sr	Cr	Co	$\Sigma C_i/ПДК_i$
<u>Оз. Монче</u>	<u>11.0</u>	<u>15.5</u>	<u>0.30</u>	<u><0.5</u>	<u>20</u>	<u>0.6</u>	<u>0.4</u>	<u>0.345</u>
г. Мончегорск	15.8	15.8	0.19	<0.5	17	0.2	0.5	0.233
<u>Оз. Имандра</u>	<u>6.0</u>	<u>3.0</u>	<u>0.10</u>	<u>1.5</u>	<u>73</u>	<u>0.1</u>	<u>0.3</u>	<u>0.174</u>
г. Апатиты	4.9	3.2	0.15	0.6	90	0.2	0.2	0.196
<u>Оз. Куна</u>	<u>1.04</u>	<u>2.3</u>	<u>0.10</u>	<u><0.5</u>	<u>35</u>	<u>0.2</u>	<u><0.2</u>	<u>0.113</u>
г. Оленегорск	0.9	1.6	0.09	<0.5	34	0.3	<0.2	0.103
<u>Р. Вирма</u>	<u>0.5</u>	<u>0.7</u>	<u>0.10</u>	<u><0.5</u>	<u>43</u>	<u>0.3</u>	<u><0.3</u>	<u>0.116</u>
пос. Ловозеро	0.8	1.4	0.13	<0.5	49	0.3	<0.2	0.144
<u>Р. Тунтсайоки</u>	<u>0.5</u>	<u>0.2</u>	<u>0.11</u>	<u><0.5</u>	<u>160</u>	<u>0.1</u>	<u><0.2</u>	<u>0.136</u>
пос. Аллакурти	0.4	0.6	0.14	<0.5	130	0.1	<0.2	0.161

лены более высокие концентрации Ni при подаче воды населению. Превышений санитарно-гигиенических нормативов для питьевых вод ни в одном из населенных пунктов не наблюдалось ни по одному из изученных металлов. Однако следует учитывать, что воды загрязнены комплексом металлов, которые воздействуют в мягких водах на фоне очень низкого содержания Са, что увеличивает их проникающую способность и негативное воздействие на здоровье живых организмов, включая человека.

Характеристика заболеваемости населения

Согласно данным статистики наиболее значимые классы заболеваний в данном регионе – болезни системы кровообращения, новообразования, болезни органов дыхания, мочеполовой системы, органов пищеварения, в том числе – цирроз печени. [16]. Самые высокие показатели заболеваемости – у населения городов, потребляющих воду из озер Имандра и Монче, где наблюдаются наиболее высокие концентрации металлов в питьевых водах (рис. 2). По данным Комитета по здравоохранению смертность в Мончегорском районе за последние пять лет возросла на 14%. Особенно неблагоприятная обстановка складывается вокруг роста злокачественных новообразований. Несмотря на относительно небольшую удельную долю в процентах, которую занимает онкопатология, ее значимость в анализе состояния здоровья населения велика, так как новообразования имеют самый высокий процент смертности и инвалидизации в своем исходе. Выделенные классы заболеваний, будучи более инертными к воздействию этиологического фактора, могут в значительной степени зависеть от кумулятивного действия хронических доз ТМ.

Естественно, что на человека, кроме питьевых вод, воздействуют в той или иной степени все факторы окружающей среды, а также социальные и экономические условия. Человек в условиях Крайнего Севера находится в стрессовых климатических условиях. Возможно, комплекс факторов, включая и действие металлов в низкоминерализованных водах, приводит к повышенной заболеваемости населения в указанных городах по сравнению со статистическими данными для России (рис. 2). Наибольшая заболеваемость населения городов, потребляющих воду из озер Имандра и Монче, позволила предположить, что в организме человека происходит накопление техногенно-привнесенных металлов, которые могут обуславливать повышенную заболеваемость населения.

Аккумуляция ТМ и связанные с ними патологии систем организма

С целью доказательств достоверности влияния загрязнения питьевых вод на здоровье населения проведены более детальные исследования в системе: металлы в воде – их биоаккумуляция – гистопатология – диагностика патологий токсической этиологии. Содержание металлов в печени и почках обследованных пациентов представлено на рис. 3.

По сравнению с “нормой” наиболее высокие показатели аккумуляции ТМ в печени характеризуют жителей г. Мончегорска – в 2–10 раз выше нормы по содержанию многих металлов, но особенно – Ni, Cu, Cr, Cd и Pb. В почечной ткани отмечены самые высокие концентрации Cr и Cd – в 10–50 раз выше нормы.

В организме людей (в печени и почках) в Апатитском районе преимущественно накапливаются Cu, Cr, Cd; в Оленегорском – Cu, Cd и Pb; в Ловозеро-

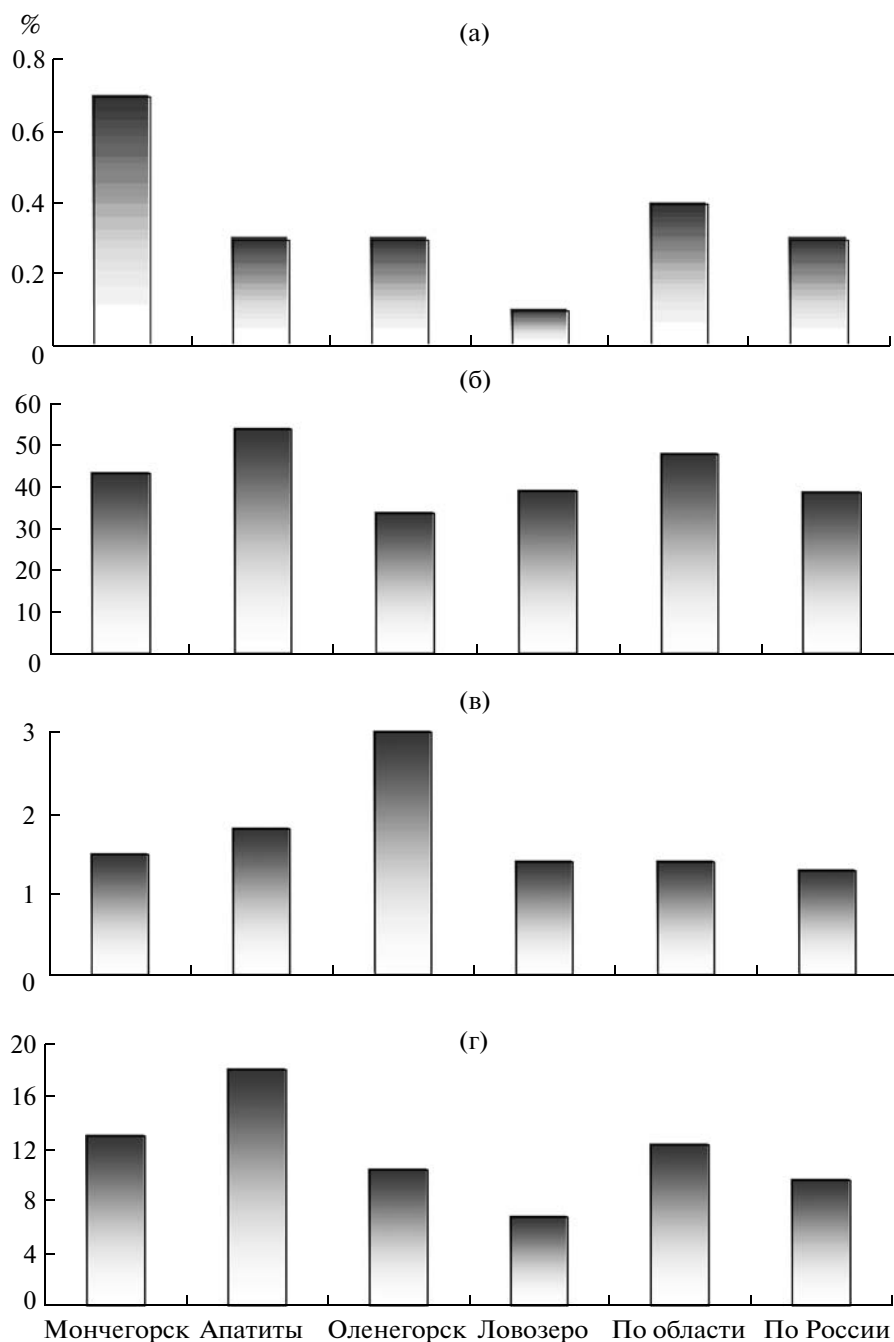


Рис. 2. Осредненные за 1997–2001 гг. данные по динамике заболеваемости, %, взрослого населения в исследованных городах и в целом по Мурманской обл. и России (первичная заболеваемость). а – органов пищеварения, б – мочеполовой системы, в – мочекаменная болезнь, г – новообразований.

зерском и пос. Аллакурти – Cu и Cd. Несмотря на основное загрязнение питьевых вод Ni и Cu в регионе, наибольшей способностью к аккумуляции в почках человека обладает Cd. Следует учитывать, что Кольский регион испытывает нагрузку по кислотным осадкам, которые активно выщелачивают данный элемент в воду [4]. Оз. Монче, где расположен водозабор города, находится в зоне интенсивного выпадения кислотных осадков. Высо-

кие содержания Cd выявлены у людей, живущих в Оленегорске и Апатитах.

По комплексному накоплению ТМ в печени и почках у жителей города распределяются в следующем порядке: Мончегорск > Апатиты > Оленегорск > Ловозеро > Аллакурти. Этот последовательность согласуется с порядком уменьшения концентраций ТМ в питьевой воде городов.

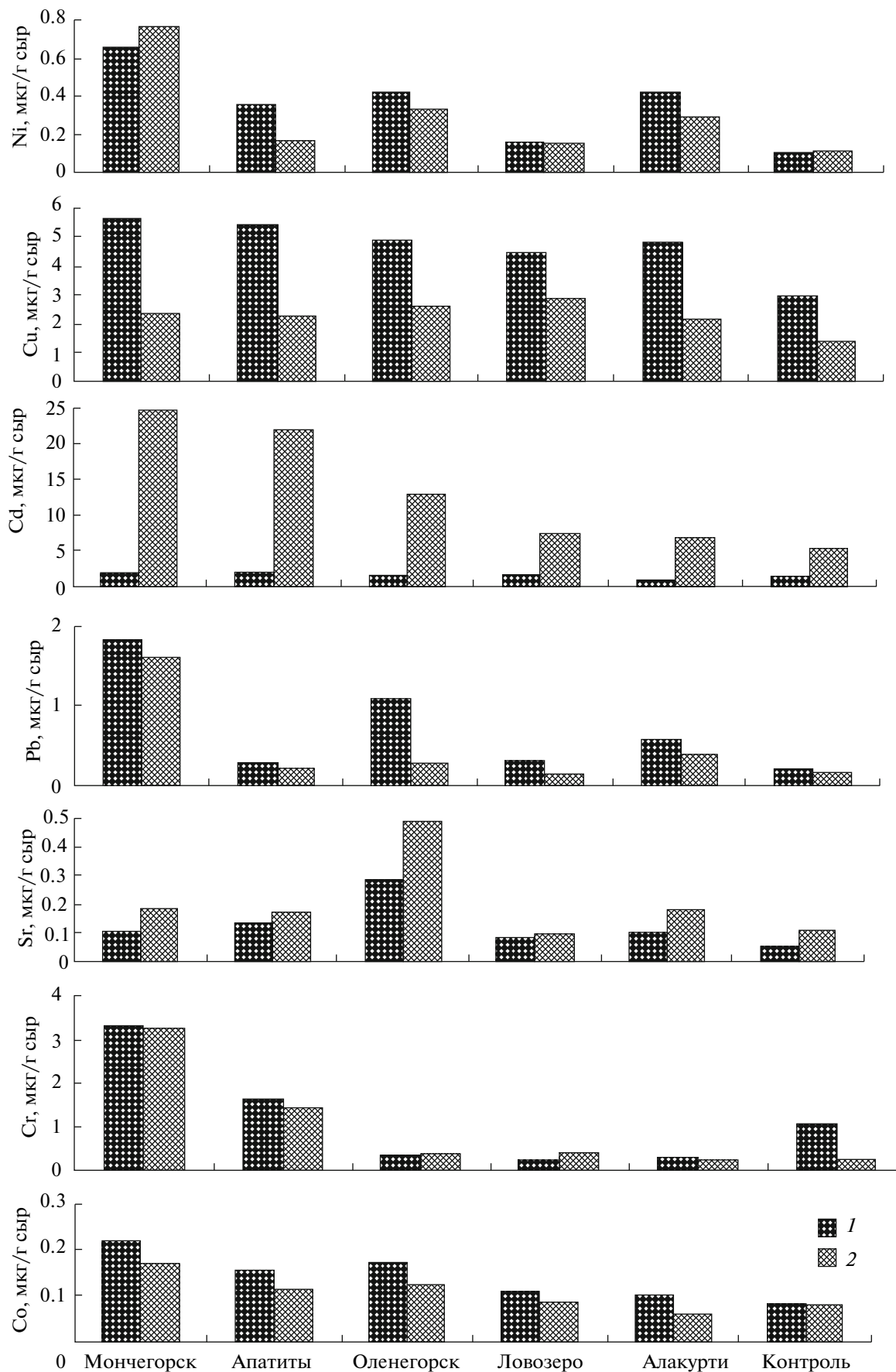


Рис. 3. Содержание металлов в печени 1 и почках 2 жителей Мурманской обл.

Для оценки последствий хронического действия субтоксичных доз металлов и их накопления на здоровье человека проведен анализ гистологических препаратов посмертно обследованных пациентов, у которых отбирались органы на содержание ТМ. Одновременно изучались истории болезней и протоколы патологоанатомических вскрытий. Основная цель — выявить формы заболеваний, связанных с нарушением функции печени и почек и протекающих латентно (которые не были прижизненно выявлены), а значит наиболее вероятно, что в основе их этиологии и патогенеза лежала хроническая интоксикация металлами.

В 24 случаях из 110 отмечены не диагностированные при жизни патологические процессы в печени. Гистологическая картина патогенеза печени чаще всего представлена жировой дистрофией гепатоцитов, их единичными некрозами, аутолитическим распадом на периферии с образованием жиробелкового детрита. Наблюдались 1 случай гемоsiderоза, 5 случаев — токсическая деструкция, 4 — различные виды дистрофий, 10 — жировая дистрофия печени. Большинство обнаруженных дистрофий имеют токсическую этиологию.

Гистологическая картина патогенеза почек представлена нефросклерозом в начальной стадии его развития, явлениях гломерулонефрита и амилоидоза. Все эти заболевания не инфекционного характера и являются полиэтиологичными, что не исключает их токсический патогенез под действием ТМ. Установлено, что помимо воспалительных изменений в почках, наблюдаются своеобразные очаговые дистрофические и некробиотические изменения сосудов — капилляров, прекапилляров, мелких венул. Морфологические изменения характеризуются поражением мелких сосудов, повышением их проницаемости, вследствие чего развивается отек ткани и серозное или серозно-геморрагическое воспаление в тканях коркового и мозгового вещества почек. Кроме этого, выявлено 36 случаев не диагностированной при жизни мочекаменной болезни, что составляет 12% общего числа исследованных препаратов. Эти исследования согласуются со статистическими данными о росте заболеваемости мочекаменной болезнью в регионе. Латентно протекающие случаи патологий токсической этиологии могут приводить к ослаблению организма, развитию сопутствующих заболеваний и повышению смертности населения.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Опасные вещества могут попадать в организм человека с пищей, водой и воздухом, поэтому зачастую сложно выявить связи между качеством питьевых вод и здоровьем населения. Однако следует учитывать, что в заполярных регионах люди питаются в большей степени продуктами, привозимыми из других более южных регионов, поэтому по-

ступление элементов загрязнения от местных сельскохозяйственных производств с пищей не имеет значимого влияния на заболевания населения.

Водные объекты являются конечными аккумуляторами всех видов загрязнения, включая выпадения из загрязненной атмосферы. Они в той или иной степени определяют суммарную дозу загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду. В исследованном северном регионе с развитой металлургической и горно-перерабатывающей промышленностями ведущим фактором окружающей среды, негативно воздействующим на здоровье населения, является загрязнение водных объектов — источников питьевого снабжения населения. С питьевой водой загрязняющие вещества способны проникать в организм, накапливаться и обуславливать заболевания населения. Согласно медико-демографическим данным [1] Кольский регион характеризуется повышенной встречаемостью у людей мочекаменной и желчекаменной болезнью.

Токсическое воздействие химических элементов на организм человека обусловлено их химической природой, количеством и составом соединений, а также индивидуальными особенностями организма. Величины пороговых концентраций отдельных элементов колеблются в зависимости от других присутствующих в окружающей среде и организме элементов. В регионах Крайнего Севера поверхностные воды суши, как правило, характеризуются малыми концентрациями Са и низкой минерализацией. В низко минерализованных водах токсичность металлов возрастает. Как показали предшествующие исследования авторов [17], металлы находятся в основном в ионной форме (например, Ni, Cd, Zn, Pb), обладающей наибольшей проникающей способностью и токсичностью для живых организмов.

Система очистки вод, используемая на станциях водоподготовки, неэффективна по отношению к металлам. По данным авторов, их содержание в воде при подаче населению мало отличается от такового в природных водах вблизи водозабора, а в некоторых случаях — даже становятся выше. Предшествующие детальные исследования [3] питьевых вод и изменения содержания металлов на различных стадиях водоподготовки показали, что воды не только не очищаются от металлов, но происходит нарастание их концентраций (в частности, Fe и Mn) вследствие выщелачивания из трубопроводов в процессе подачи вод населению (рис. 4).

Корреляционный анализ показателей заболеваемости населения городов и поселков с осредненными данными по качеству питьевых вод и степени накопления металлов подтверждают ведущее влияние загрязнения питьевых вод металлами на здоровье населения. В табл. 2 приведены коэффициенты корреляции между накоплением Ni, Co и Cu в печени людей и концентрацией их в питьевых водах. В табл. 3 приведены значимые коэффици-

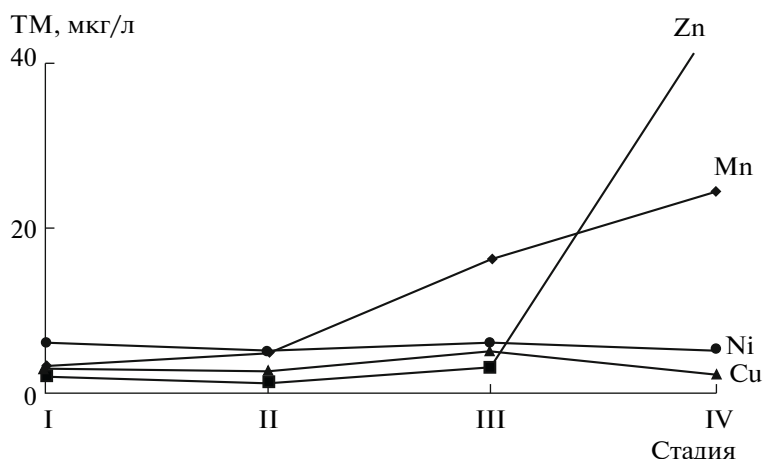


Рис. 4. Динамика содержания металлов в питьевой воде в процессе водоподготовки [3]. I – вода до подготовки на станции, II – вода после подготовки на станции, III – вода из распределительных гидрантов, IV – вода из внутренних водопроводных сетей.

енты корреляции между статистическими данными по заболеваемости людей и качеством питьевых вод соответствующих городов и поселков. Показательно, что частота встречаемости патологии почек имеет высокий коэффициент корреляции с концентрацией в воде таких элементов как Cd, Co и Pb, а также показателем суммарного превышения ПДКсан-пит. Аналогично, частота желудочно-кишечных заболеваний, печени и кровеносной системы коррелирует с содержаниями металлов в питьевых водах.

Приоритетными загрязняющими металлами поверхностных вод суши Кольского региона являются Ni и Cu. Co – сопутствующий элемент медно-никелевых руд, избыточные его концентрации обуславливают поражение сердца, печени, органов зрения, кератиты. Ni обладает канцерогенным и гонадотоксическим действием [13]. Эпидемиологические исследования рабочих, связанных с производством Ni, показали, что он способен вызывать раковые заболевания носа, горла, а также легких. Злокачественные почечные опухоли возникали у теплокровных животных при введении в их организм Ni [7]. Для жителей Кольского п-ова, использующих воду в питьевых целях из загрязненных Ni водоемов, отмечена более высокая заболеваемость почечно- и желчекаменной болезнью [1]. Cu, как и Co, не является остротоксичным элементом для человека. В случае очень высоких концентраций в воде

соединения Cu могут быть токсичны для теплокровных животных и человека: наблюдаются поражение печени, анемия, желтуха [8]. ПДК для питьевых вод по Cu составляет 1 мг/л, концентрации ее в питьевых водах Кольского региона на два порядка ниже. Однако приведенные выше корреляционные зависимости позволяют предположить, что повышенные концентрации Cu в питьевых водах влияют на желудочно-кишечные заболевания людей в комплексе с другими металлами.

Особенно следует остановиться на обсуждении высокой аккумуляции Cd в почках людей, превышающей содержания других ТМ в этом органе. Этот элемент – неэссенциальный и в организме не присутствует. Исследования авторов показали, что в небольшом количестве он содержится и у младенцев, что не исключает его проникновения через плацентарный барьер. В последние годы увеличилось количество данных, указывающих на высокую токсичность Cd для человека. Cd может вызывать патологические изменения органов и тканей, влияет на прогрессирование таких заболеваний как диабет, гипертония, остеопороз, лейкомия и развитие новообразований [21]. Малые дозы Cd приводят к его накоплению в легких, почках и надпочечниках людей, обуславливая почечную патологию [22]. Увеличение сердечно-сосудистых заболеваний, включая гипертонию, в группе людей ассоциировано с почечной патологией, вызванной Cd [20]. Измерения концен-

Таблица 2. Коэффициенты корреляции накопленных металлов в печени и почках людей и их содержанием в водопроводной воде различных городов и поселков Мурманской обл. (здесь и в табл. 3 значимые коэффициенты корреляции выделены жирным шрифтом)

Орган	Ni	Cu	Cd	Pb	Sr	Cr	Co
Печень	0.78	0.78	0.30	-0.45	-0.30	0.26	0.81
Почка	0.87	-0.19	0.62	-0.29	-0.30	0.31	0.83

Таблица 3. Коэффициенты корреляции заболеваний и патологий систем и органов населения городов Кольского п-ва и концентраций микроэлементов в питьевой воде

	Органы		Системы		
	почки	печень	желудочно-кишечная	кроветворения	сердечно-сосудистая
Ni	0.40	0.63	0.89	0.64	0.73
Cu	0.43	0.64	0.91	0.67	0.77
Co	0.93	0.75	0.85	0.90	0.91
Cr	0.60	0.53	0.51	0.76	0.70
Sr	0.56	0.18	-0.03	0.08	0.01
Cd	0.87	0.76	0.87	0.77	0.83
Pb	0.97	0.58	0.58	0.69	0.70
Zn	0.49	0.59	0.81	0.61	0.68
ΣCi/ПДКi	0.76	0.77	0.95	0.79	0.86

трации Cd в моче, проведенные более чем у 22000 человек в США, показали, что примерно у 2.3% обследованных концентрация Cd в организме превышает допустимый предел, принятый ВОЗ [23].

Таким образом, с большой долей вероятности можно предположить, что неудовлетворительное качество питьевых вод в индустриально-развитых регионах Крайнего Севера приводит к заболеваниям населения, ослаблению иммунитета и, возможно, повышенной смертности населения.

ВЫВОДЫ

На примере шести городов и поселков Кольского Севера проведены исследования влияния загрязнения питьевых вод на здоровье населения. Выявлены зависимости в системе содержание металлов в питьевых водах → накопление их в печени и почках людей → метало-обусловленные патологии в организме.

Установлено, что воды региона загрязняются ТМ вследствие функционирования здесь горно-металлургических комбинатов, основным загрязняющим элементом которых является Ni. Повышенные концентрации Cd (по отношению к фону) в водах региона связаны с кислотным выщелачиванием этого элемента в поверхностные водоисточники. Существующая система водоподготовки не устраняет из забираемой воды элементы техногенного происхождения. В регионах Крайнего Севера воды характеризуются низкой минерализацией с высокой агрессивностью к выщелачиванию элементов из трубопроводов (наличие в воде свободной углекислоты), что способствует высокой миграционной активности металлов.

Установлен факт накопления металлов в печени и почках людей. Высокий уровень содержания металлов в печени и почках людей (по сравнению с контрольной группой) характерно для жителей

г. Мончегорска, водозабор которого расположен в зоне распространения дымовых выбросов от плавильных медно-никелевых комбинатов. Несмотря на то, что в питьевых водах — наиболее высокие концентрации Ni, в почечной ткани людей в наибольшем количестве накапливается Cd (в 50 раз выше нормы). Этот элемент характеризуется высокой токсичностью, способен обуславливать развитие ряда патологий в организме. Показано, что наибольшая частота заболеваемости людей (новообразования, моче- и желчекаменная болезнь, гломерулонефрит) характерны для г. Мончегорска, где питьевые воды содержат повышенные концентрации Ni, Cd, Pb и других элементов. По мере снижения концентраций элементов в питьевых водах других городов заболеваемость населения снижается.

Несмотря на то, что содержание токсичных металлов в воде при подаче населению не превышает ГОСТ для питьевых вод, их пролонгированное действие и аккумуляция в системах организма человека может быть причиной развития патологий и повышенной заболеваемости населения. Наиболее значимые классы заболеваний в данном регионе — болезни системы кровообращения, новообразования, болезни органов дыхания, мочеполовой системы, органов пищеварения (в том числе — цирроз печени).

Анализ статистических данных по качеству питьевых вод, заболеваемости населения, накоплению металлов в почках и печени у посмертно обследованных пациентов, их патогенезу дает возможность с высокой вероятностью предположить прямую зависимость роста числа заболеваний от показателей качества питьевых вод, этиология которых связана с субтоксическим пролонгированным действием металлов на организм. Данные выводы указывают на необходимость проведения в дальнейшем более глубоких исследований для корректировки нормативов качества питьевых вод с учетом региональной специфики условий и факто-

ров загрязнения окружающей среды, разработки более совершенных систем водоподготовки для снижения риска заболеваемости населения. Авторы выражают благодарность В.В. Чашину (Северо-западный научный центр гигиены и общественного здоровья) за консультации при диагностике эндемичных патологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Мурманской области. Мурманск, 1971. 33 с.
2. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 269 с.
3. Кудрявцева Л.П. Оценка качества питьевой воды в г. Апатиты // Вод. ресурсы. 1999. Т. 26. № 6. С. 735–742.
4. Моисеенко Т.И. Закисление вод: факторы, механизмы и экологические последствия. М.: Наука, 2003. 276 с.
5. Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П. Экоотоксикологическая оценка техногенных гидрогеохимических аномалий (на примере Кольского горно-металлургического комплекса) // Геохимия. 1999. № 10. С. 1000–1017.
6. Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука, 2006. 261 с.
7. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. М.: Мир, 1987. 285 с.
8. Оноприенко М.Г. Вода питьевая и здоровье. Сочи: РИО СГУТ и КД, 2002. 63 с.
9. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Кирьянова Л.Ф. и др. // Итоги и перспективы научных исследований по проблеме экологии человека и гигиены окружающей среды. М.: РАЕН, 2001. С. 97–105.
10. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Монисов А.А. и др. Региональные особенности качества питьевых вод России и современная методика их комплексной гигиенической оценки // Региональные проблемы управления здоровьем России. /Отв. ред. Беляков В.Д. М.: РАЕН, 1996. С.162–171.
11. Ревич Б.А., Фвалиани С.Л., Тихонова Г.И. Окружающая среда и здоровье населения: региональная экологическая политика. М.: ЦЭПР, 2003. 149 с.
12. Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды М.: Недра, 1990. 335 с.
13. Сидоренко Г.И., Ицкова А.И. Никель (гигиенические аспекты охраны окружающей среды). М.: Медицина, 1980. 176 с.
14. Трахтенберг И.М., Сова Р.Е. Проблема нормы в токсикологии. М.: Медицина, 1991. 264 с.
15. Handbook of Metals in Clinical and Analytical Chemistry / Eds. Seile, H.G., Sigel A., Sigel H. N. Y.: Dekker, 1994. 471 p.
16. Landeghem G.F., Broe M.E., D'Haese P.C. Al and Si: Their Speciation, Distribution, and Toxicity // Clinical Biochem. 1998. V. 31. 5. P. 385–397.
17. Megorsky V. The Influence Industrial contamination on quality of drinking water and health of the population in condition Arctic. Collection article to Science Congress Environment and Human Health. Saint-Petersburg, 2003. P. 32–33.
18. Moiseenko T. I. A Fate of Metals in Arctic Surface Waters. Method for Defining Critical Levels // The Science of the Total Environ. 1999. V. 236. P. 19–39.
19. Moiseenko T. I., Kudryavtseva L.P. Trace Metals Accumulation and Fish pathologies in Areas affected by Mining and Metallurgical enterprises // Environ. Poll. 2002. V. 114. N. 2. P. 285–297.
20. Nayak P. Aluminum: Impact and Disease // Environ. Res. Section. 2002. V. 89. P. 101–115.
21. Nishijo M., Hakagawa H., Kid T. Environmental cadmium exposure and hypertension and cardiovascular risk // Metals in Biology and Medicine. Paris: JA John Libbey Eurotext, 2000. V. 6. P. 365–367.
22. Nishijo M., Nakagawa H., Morikaw M. et al. Relationship between urinary cadmium and mortality among inhabitants living in a cadmium polluted area in Japan // Toxicol. Lett. 1999. V. 108. P. 321–327.
23. Satarug S., Baker J.R., Urbenjapol S. et al. A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population // Toxicol. Lett. 2003. V. 137. P. 65–83.
24. Yokel R.A. The toxicology of aluminum in the brain: A review // Neurotoxicology. 2000. V. 21. P. 813–828.