

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

И.Ф.Вольфсон, Е.Г. Фаррахов
Российское геологическое общество

Введение

Природные геохимические аномалии могут как положительно, так и отрицательно воздействовать на здоровье человека, влияя на баланс макро- и микроэлементов в организме. Очевидно, что содержание химических элементов на определенных территориях контролируется сочетанием различных климатических и ландшафтных факторов, которые, в свою очередь, зависят от геологических, минералого-геохимических, и гидрогеологических особенностей пород, слагающих структуру, а также эндо- и экзогенных процессов, наблюдаемых в данном месте. Эндемические заболевания обычно подчеркивают связь между здоровьем человека и геологическими объектами, в первую очередь потребляемой водой.

На сегодняшний день убедительно доказана связь между эндемическими заболеваниями населения и химическим составом питьевых вод. Классическими примерами таких заболеваний являются:

балканская эндемическая нефропатия в связи с присутствием токсичных органических соединений в питьевой воде сельских поселений севера Балканского полуострова;

арсеникоз, кератоз, заболевания печени, сердечно-сосудистой системы, сахарный диабет и другие патологии, обусловленные высокими концентрациями мышьяка в питьевой воде в Индии, Бангладеш, Китае, Мексике, Чили, Таиланде, Венгрии;

флюороз в связи с высокими концентрациями фтора в породных формациях и в питьевой воде на ряде территорий в Индии, Китае, России, Литве;

эндемический зоб и эндемическая олигофрения, обусловленные недостатком йода в пищевых цепочках, у населения горных районов Китая (Квинба) и Восточного Казахстана;

эндемические Уровская болезнь (болезнь Кашина–Бека) и Кешанская болезнь (кардиомиопатия), возникающие при дефиците селена в воде и почве в Китае и Забайкалье, а также многие другие заболевания, обусловленные геологическими факторами воздействия.

В то же время человечество использовало геологические объекты и материалы, в частности подземные пресные и минеральные воды, содержащие указанные выше химические элементы в гомеопатических дозах, в медицинских целях с незапамятных времен. Поэтому оценка территорий на предмет изучения заболеваемости населения должна строиться на основе глубокого знания их ландшафтных, геологических и минералого-геохимических особенностей, обуславливающих специфику гидрогеологических и гидрогеохимических обстановок и условий накопления химических элементов в природных средах.

Этиология заболеваний некачественной питьевой воды

Балканская эндемическая нефропатия (BEN) – это почечная недостаточность в конечной стадии данного заболевания, постепенно переходящая в рак мочевыводящих путей [14]. Этиология BEN основана на данных более, чем пятидесяти лет наблюдений с того момента, когда заболевание было впервые описано медиками, и предполагает достаточно простую модель возникновения и распространения вследствие естественных

причин. Главной причиной ВЕН является выщелачивание токсичных органических соединений – О- замещенных и N- замещенных ароматических углеводородов и полициклических ароматических углеводородов из низкосолевых бурых углей плиоценового возраста и их последующий перенос подземными водами вплоть до источников водоснабжения – ручьев и колодцев. Загрязненная органическими веществами вода в дальнейшем используется сельскими жителями для приготовления пищи и питья. Связь заболевания с химическим составом воды признается многими исследователями. К доказательствам относятся: уверенно диагностируемые симптомы заболевания, ограниченный район распространения, стабильная численность населения и т.д.

Болезни, инициируемые мышьяком. Масштабные исследования, проведенные в Западной Бенгалии, Бангладеш, Индии показали, что эндемический характер заболеваний населения в указанных регионах обусловлен высокими содержаниями мышьяка в геологических формациях - сланцах, углях, из которых он выщелачивается кислород содержащими подземными водами при обустройстве пунктов водоснабжения – колонок и колодцев. В последних концентрация мышьяка превышает 50 мкг/л и достигает 3400 мкг/л. Последствия проникновения неорганического мышьяка (в виде трех окиси мышьяка As_2O_3) в организм человека проявляются, в первую очередь, не онкологическими заболеваниями различных органов или систем. Основной путь метаболизма неорганического мышьяка в организме – это метилирование. Соединения мышьяка вызывают амплификацию генов, захват клеток в митозе, замедляют восстановление ДНК и вызывают экспрессию c-fos гена и оксидативный стресс гемма белка оксигеназы в клетках млекопитающих. Они же могут быть вовлечены в качестве промоторов и комутагенов в различных токсичных веществах [18].

В числе основных клинико-патологических ситуаций должны быть выделены сердечно-сосудистые, кожные заболевания, болезни репродуктивных органов, неврологические, респираторные, глазные, гематологические заболевания, болезни печени (цирроз), мочевыводящих путей и желудочно-кишечного тракта. Наиболее характерным примером не онкологических форм являются кожные заболевания, которые начинаются с проявления на теле в форме пятен гиперпигментации, которая позднее преобразуется в пальмарный (ладонный) и плантарный (подошвенный) гиперкератоз.

При длительном воздействии соединений мышьяка развиваются болезни глаз - интерстициальный кератит с паннусом, ретробульбарный неврит, атрофия зрительного нерва и другие патологии органа зрения. Триоксид мышьяка вызывает повреждение ДНК в лимфоцитах человека.

Одним из наиболее известных примеров связи заболеваемости населения и качества потребляемой воды является отравление населения водой, загрязненной природным мышьяком, из водовода «р. Токонс – гор. Антафагаста» (Чили), в котором содержание мышьяка составляет 800 мкг/л [7], (табл.1).

Таблица 1
Заболевания, обусловленные хроническим отравлением мышьяком в г. Антафагаста, Чили в 1969 [7]

Обследованы 180 человек – из них 71, 8% в возрасте от 1 до 19 лет	
Заболевание	Частота, %
Изменение цвета кожи	80.0

Гиперкератоз	36.1
Хронический ринит	59.7
Хронический кашель	28.3
Бронхопневмония	14.9
Болезнь Рейно	30.0
Цианоз	22.0
Хроническая диарея	7.2
Колики в области живота	39.1

Флюороз. Наличие высоких концентраций фтора в питьевой воде (2,0-12,0 мг/л) является этиологическим фактором необычной постоянной окраски на зубах или «пятнистой эмали», обозначенной Н.Т.Dean в 1931 г. термином «флюороз». При увеличении концентрации фтора до 1,5-3,0 мг/л возникает умеренный флюороз зубов, 4,0-8,0 мг/л – тяжелая форма флюороза зубов и умеренная форма флюороза костей скелета, 8,0 мг/л и более – тяжелая форма флюороза зубов и костей скелета [4; 20].

В настоящее время установлен оптимальный диапазон концентрации фтора в питьевой воде 0,6-0,7 – 1,2-1,5 мг/л, причем более низкая концентрация фтора рекомендована для более теплого климата, где водопотребление выше.

Содержание фтора в питьевой воде жителей России варьирует в широком диапазоне 0,01-2,90 мг/л. Артезианские воды на северо-западе и западе Республики Литвы содержат фтор 1,5-3,0 мг/л, что вызывает беспокойство стоматологов, так как около 90000 населения указанных территорий находятся под воздействием высоких концентраций этого элемента.

Процесс накопления фтора в тканях зуба наиболее интенсивно происходит во время формирования коронки и в период минерализации, в первые годы после прорезывания зуба. По данным эпидемиологического стоматологического обследования населения России в ключевых (индексных) возрастных группах (6, 12, 15, 35-44, 65 и старше лет), можно судить о стоматологической заболеваемости и потребности в лечении жителей различных регионов России. Одним из основных факторов, определяющих высокую распространенность и интенсивность кариеса зубов, является дефицит фтора в питьевой воде и продуктах питания. Анализ содержания фтора в водах, используемых для водоснабжения населенных мест, показал, что в России более 70% населения живет в условиях дефицита фтора и лишь 1-3% - в условиях избыточного поступления фтора в организм человека. Поэтому проблема фторирования воды как средства восполнения дефицита поступления в организм этого биогенного элемента является доминирующей для России.

Йододефицит. Тело взрослого человека содержит около 20 мг йода. Из них 15 мг находятся в щитовидной железе. Около двух третей от этого количества сосредоточены в тироксине. Рекомендуемое суточное потребление йода взрослому человеку составляет 0,15 мг.

Высокогорные поселения, как правило, поражены болезнями, возникающими при дефиците йода в пищевых цепочках, главным образом в пище и воде. Йод легко выщелачивается из тонкого слоя почвы гористой местности после дождей. Все это приводит к возникновению таких болезней, как эндемический зоб, гипотиреоз, дистиреоз, кретинизм, которые сопровождаются различными функциональными и структурными нарушениями. Главные проявления йододефицита: образование зоба, нарушение

репродуктивной функции, преждевременные роды и детская смертность, повышение уровня гормонального фона, снижение уровня интеллекта, потеря слуха, отек лица, высокий уровень холестерина и др. Около 1 млрд. людей на Планете, из них 90 млн. детей, страдают от болезней порожденных дефицитом йода.

Повышенное содержание йода в пище и воде приводит к нарушению метаболического цикла. Оно может также проявляться развитием зоба, гипертиреозом, тиреотоксикозом, головными болями, усталостью, депрессией, акне, асептическим воспалением слизистой в местах концентрации йода, таких, как слюнные железы, органы дыхания и т.д. [16, 19, 20].

Селенодефицит. Селен встречается в природе в виде селенидов различных металлов свинца, меди, никеля, ртути и др. Наибольшие концентрации селена установлены в вулканических породах, вулканической пыли, геотермальных источниках, почвах древних вулканических областей. Тело взрослого человека содержит 10-20 мг селена. Рекомендуемое ежедневное потребление селена взрослыми составляет от 0,05 до 0,2 мг [19, 20].

Селен входит как селеноцистеин в состав различных белков. Он частично востребован для усиления деятельности антиоксидантов-энзимов, таких как глутатионовая пероксидаза и глицин-редуктаза. Дефицит селена приводит к нарушению целостности мембран, снижению ферментной активности, накоплению меди в клетках, нарушению метаболизма аминокислот и кетоновых кислот и торможению процессов производства энергии [16, 19].

Биохимическая активность кальция, фосфора и йода также зависит от селена. Существует связь между дефицитом селена и раком желудка, простаты, толстой кишки, молочной железы. Районы селенодефицита расположены в Китае, Сахаре, Новой Зеландии, в Западной Европе, включая Голландию, Германию и Данию. В России к ним относятся Северо-Западный регион, Сибирь, Якутия, Забайкалье.

Кешанская болезнь (дегенеративное изменение сердечной мышцы и хроническая кардиомиопатия), как и болезнь Кашина-Бека (дегенеративное изменение суставов и позвоночника - остеоартроз) связаны с низкой концентрацией селена в воде и пище. Согласно современным представлениям, развитие болезни Кашина-Бека провоцируется снижением концентрации фосфора костях и выносом кальция на фоне дефицита селена.

У животных селенодефицит ведет к возникновению беломышечной болезни, которая, в частности, выражается дистрофией мышц и некрозом печени.

Основными проявлениями высоких концентраций селена в пищевых цепочках являются: повышенная возбудимость, чесночный запах изо рта и от кожи, нарушение функций печени, кожный зуд, ринит, облысение, ломкость ногтей и т.д.

Геологические предпосылки возникновения заболеваний некачественной питьевой воды

Нетрудно заметить, что большинство приведенных примеров эндемических заболеваний были выявлены при проведении геолого-геохимических и медико-экологических исследований в границах территорий активной современной геологической деятельности. Основным фактором формирования рудных концентраций и месторождений в границах мега структур - активных геодинамических поясов Альпийско-Гималайского, Андийского, Монголо-Охотского и др., отмеченных проявлениями многократной сейсмотектонической активизации, связанной с коллизионными процессами, происходящими на стыке континентальных плит и продолжающегося

поттока газожидких флюидов, содержащих хорошо растворимые комплексные органические соединения и токсичные элементы, является дегазация земных недр, которую долгие годы объясняли лишь вулканической деятельностью. Современные исследователи связывают дегазацию с «дыханием» недр по активным разломам и особенно выделяют их пересечения [1; 19].

Возникновение очагов эндемических заболеваний на территориях, сопряженных с очагами разгрузки глубинных флюидов, обусловлено комплексом патогенных факторов. В аконсервационных зонах при формировании и разрушении месторождений урана, цветных металлов, редких и редкоземельных металлов, углеводородного сырья в окружающей среде резко возрастает количество токсичных элементов и соединений, обладающих мутагенным воздействием на биоту – U, Tl, Hg, Cd, F, ПАУ и др. Установлена прямая зависимость возникновения урологических эндемических заболеваний населения Сербии и Черногории, Румынии, штата Луизиана (США), проживающего в районах выходов плиоценовых лигнитов (BEN, рак почечной лоханки, уролитиаз в тяжелой форме) от источников водоснабжения, загрязненных органическими соединениями, – полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ), группой химических элементов - As, B, Br, Cl, Cr, F, Li, Na, P, Rb, Se, Sr, W, соединениями серы, метаном, битумами, нефтью, углекислым газом, радоном. Некоторые из видов бактерий (*Zygomycetes*, *Coelmyzetes*, *Penicillium*, *Aspergillus*), выявленных в водозаборах вблизи очагов флюидной разгрузки, продуцируют токсины и также способствуют возникновению биогеохимических барьеров, на которых осаждаются токсичные элементы и соединения [9].

Свой вклад в возникновение эндемических заболеваний вносят продукты дегазации недр - отклики глубинных процессов в границах асейсмичных структур. Они выражаются в появлении высоких концентраций химических элементов или соединений в близповерхностных геосферах вдоль активных обводненных глубинных разломов. Примером такого рода служат ореолы фтора в снеговом покрове в Восточном Подмоскowie (Вост. борт Московской синеклизы), фтора, брома и ряда тяжелых металлов в контуре Калужской кольцевой структуры, зафиксированные в процессе гелий-гидрогеохимических съемок [15]. Результаты выполненных гелий-гидрогеохимических съемок и мониторинговых наблюдений, учет данных медицинских и эпидемиологических исследований в существенной степени помогают выяснить причины эндемических заболеваний, обусловленных геологическими факторами. Данное обстоятельство приобретает особый смысл сегодня в связи с возможностью создания компьютерных баз данных гелиевых и гелий-гидрогеохимических съемок прошлых лет и их переработки с применением современных ГИС - технологий. Это, в свою очередь, открывает новые перспективы и позволяет повысить эффективность управленческих решений по водопользованию, экономическому и социальному развитию территорий [2].

В частности, научные и практические мероприятия по оценке состояния окружающей среды привели к выявлению районов с повышенным риском заболеваемости населения в Республике Литве. К ним относятся Юбаркасский район, характеризующийся высокой газонасыщенностью почво-грунтов [8]; а также территории, прилегающие к городам Клайпеда, Шауляй и Паневежис, где установлены высокие концентрации фтора, бора, стронция и лития в подземных водах [12]. Выяснилось, что в западной части Республики распространен флюороз и ряд других заболеваний, имеется риск возникновения катастрофических природных явлений, несущих угрозу здоровью и

жизни людей, например землетрясений (землетрясение силой 4 балла имело место в сопредельной Калининградской обл. РФ в 2004 г.). Наличие флюороза подтверждают местные стоматологи, которые призывают население отказываться от использования зубной пасты, содержащей фтор. Известно, что бор может оказывать пагубное воздействие на желудочно-кишечный тракт, стронций тропен костной системе, а литий вызывает нарушения нервно-психической сферы. Проблемы со здоровьем населения наблюдаются и в других районах Республики [17].

Совместный анализ опубликованных результатов медико-экологических исследований территории Литвы и гелиевой съемки 1980-х годов, проведенной Комплексной экспедицией ВИМСа, с использованием ГИС- технологий, позволил увязать распространение границ полей гелия с активными разломами. На основании полученных данных составлена ситуационная цифровая карта гидрогеохимических ореолов фтора, бора, стронция и других химических элементов в подземных водах, проявлений углеводородного сырья, минерализованных и термальных вод, водно-гелиевых аномалий. Установлено, что границы ореолов фтора, бора, стронция и лития пространственно совпадают с аномалиями гелия и контролируются теми же зонами глубинных разломов, что и проявления углеводородов [2]. Согласно данным литовских коллег [10, 11, 12], концентрации фтора, бора, стронция и лития наиболее высоки в девонско-пермском водоносном горизонте, что подтверждает связь современной флюидной активности Земли с месторождениями гидроминерального сырья и термальных вод, районами с неблагоприятной экологической обстановкой.

Другая экологическая проблема Республики Литвы заключается в пересыщении природных вод и почв соединениями азота. Считается, что оно вызвано использованием азотных удобрений и увеличением объемов сжигания топлива. При этом не учитывается глобальное и непрерывное поступление в окружающую среду соединений азота с современными флюидными потоками [13]. На это указывают очаги эндемических заболеваний в известных районах сейсмической активности как, например, в уже упоминавшихся Северо-Балканском регионе, штате Луизиана, США [3; 9; 16], районе Паудер Ривер Бэзин (штат Вайоминг, США [14], где зафиксированы случаи балканской эндемической нефропатии и рака мочевого пузыря. Одним из факторов эндемий являются соединения-нутриенты азота и фосфора – благоприятная среда для размножения некоторых видов бактерий-продуцентов токсинов (*Zygomycetes*, *Coelmyzetes*, *Penicillium*, *Aspergillus*), выявленных в водах вблизи очагов флюидной разгрузки.

По мнению авторов в комплексе с остальными должна быть рассмотрена и приоритетная в экологии проблема радона, которая обусловлена накоплением урана в подземных водах вследствие длительной разгрузки в них глубинных флюидов. Радиоактивный распад урана и дегазация подземной гидросферы приводят к концентрации радона в зоне аэрации и приземной атмосфере и гидросфере. Примеров поражающего здоровье действия радона в результате дегазации геосферы великое множество [16]. Использование радоновых вод в лечебных целях – целая отрасль курортологии [6; 19].

Заключение

Все приведенные данные по химическому загрязнению подземных вод и заболеваемости населения сегодня приобретают новый смысл. В настоящее время в рамках принятой Стратегии развития геологической отрасли России до 2030 г., отчетливо просматривается необходимость расширения медико-экологических исследований на

имеющихся горнопромышленных и перспективных, проектируемых территориях экономического развития (ЦЭР) в Сибири и Дальнем Востоке с их богатыми ресурсами углеводородного сырья, цветных и благородных металлов, но отличающихся критическими условиями проживания, сказывающимися на здоровье людей. Учитывая кризисное состояние геологической отрасли, медико-социальные и демографические проблемы, задача охраны здоровья геологов, членов их семей, населения, вовлеченного в производственный процесс, становится стратегической [5]. В этой связи, проектирование работ по освоению новых территорий должно строиться с учетом их медико-геологических, экологических особенностей в целях минимизации воздействия неблагоприятных геологических факторов природного и техногенного происхождения, в том числе некачественной питьевой воды на здоровье населения.

Актуальным представляется решение части медико-социальных задач ЦЭРов за счет развития рекреационных центров, обеспеченных надежной сырьевой базой местных лечебно-курортных ресурсов.

Литература

1. Биокосные взаимодействия: жизнь и камень. Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. Серия 1, том 96. Санкт-Петербург. 2006. 197с. Ред. Гавриленко В.В., Панова Е.Г.
2. Вольфсон И.Ф., Пронин А.П., Одерова А.В. Современные методы мониторинга медико-экологических обстановок. Труды конгресса XI международного научно-промышленного форума «Великие Реки». 19-22 мая 2009 г. гор. Нижний Новгород. Нижегород. Гос. Архит.-строит.ун-т – Н.Новгород: ННГАСУ, 2010. сс. 317-319.
3. Пронин А.П., Вольфсон И.Ф. Флюидная активность Земли и среда обитания, биогеохимические провинции, геопатогенные зоны, геоэкология человека. В кн.: Медицинская геология: состояние и перспективы. Отв. Редактор И.Ф. Вольфсон. Российское геологическое общество, изд-во: ООО «Издательство ГЕРС», 2010 г., с. 217. С. 24-37.
4. Пихур О.Л., Вольфсон И.Ф. Фтор и стоматологическая заболеваемость. В кн.: Медицинская геология: состояние и перспективы. Отв. Редактор И.Ф. Вольфсон. Российское геологическое общество, изд-во: ООО «Издательство ГЕРС», 2010 г., с. 217. С.109-118.
5. Фаррахов Е.Г., Вольфсон И.Ф. Медицинская геология: состояние и перспективы научного направления В кн.: Медицинская геология: состояние и перспективы. Отв. Редактор И.Ф. Вольфсон. Российское геологическое общество, изд-во: ООО «Издательство ГЕРС», 2010 г., с. 217. С. 11-16.
6. Царфис П.Г. Курорты. В 2-х томах. Москва, СССР: Профиздат, 1991.
7. Allison, M.J., Figueroa, L., Razmilic, B. and González, M. (1996). Arcenísimo crónico en el Norte Grande Chileno. *Dialogo Andino*, 14/15, 159–168.
8. Bitinas A., Jusiene A., Seckus R., Satkunas J. *An investigation of dangerous gas in the Jubarkas District of Lithuania*. Medical Geology Newsletter No. 9, July 2006, pp. 5-6.
9. Bunnell, J.E., Tatu, C.A., Bushon, R.N., Stoeckel, D.M., Brady, A.M.G., Beck, M., Lerch, H.E., McGee, B., Hanson, B.C., Shi, R. and Orem, W.H. (2006). Possible linkages between lignite aquifers, pathogenic microbes, and renal pelvic cancer in northwestern Louisiana, U.S.A. *Environmental Geochemistry and Health*, 28, 577–587.
10. Drulyte I. *Drinking water: safety issues in Lithuania*. Medical Geology Newsletter No. 7, December 2003, pp. 20-21.

11. Kadūnas K., Giedraitienė J., Satkūnas J. *Groundwater: resources and quality in Lithuania* Medical Geology Newsletter No. 7, December 2003, pp. 17-19.
12. Klimas A, Mališauskas A Boron, fluoride, strontium and lithium anomalies in fresh groundwater of Lithuania. 2008, *Geologija* 50:114–124.
13. Moffat A.S. Global nitrogen overload problem grows critical. *Science*.1998.Vol.279.P.p.988-989.
14. Orem William H., Tatu Calin A., Feder Gerald L., Finkelman Robert B., Lerch Harry E., Maharaj Susan V.M., Szilagyi Diana, Dumitrascu Victor, Paunescu Virgil, Buia Grigore, Margineanu Flor *Health effects of toxic organic compounds from coal: from Romania to Powder River basin, Wyoming*. Medical Geology Newsletter No. 7, Dec.2003, pp. 3-10.
15. Pronin, A.P., Bashorin, V.N. and Zvonilkin, B.D. (1997). Geological features and fluid activity of the Kaluga ring structure. *Transactions of the Russian Academy of Sciences – Earth Science Sections*, 356, 960–964.
16. Selinus O., Lindh U., Fuge R., Centeno J., Alloway B., Smedley P., Finkelman R. (Eds.) *Essentials of Medical Geology. Impacts of the Natural Environment on Public Health*. Elsevier Academic Press, 2005.
17. Šliaupa S., Zukauskas G., Zakarevicius A., Denas Z., Jakubeniene M., Šliaupiene R., Davidoniene O. *The correlation of potential fields with psychic disorders and somatic diseases in Lithuania: what is behind it?* Medical Geology Newsletter No. 10, January 2007, pp. 18-22.
18. Tchounwou Paul B., Patlolla Anita K., Centeno. Jose A. Carcinogenic and Systemic Health Effects Associated with Arsenic Exposure – A Critical Review. *Toxicologic Patology*. Vol 31 (6). December 2003. Tchounwou, P.B., Patlolla, A.K. and Centeno, J.A. (2003). Carcinogenic and systemic health effects associated with arsenic exposure – a critical review. *Toxicologic Patology*, 31, 575–588.
19. Volfson, I.F., Paul, W., Pechenkin I.G. (2010 a) *Geochemical anomalies: Sickness and health // Man and the Geosphere (Earth Sciences in the 21st Century)*. Editor: I.V. Florinsky. Nova Science Publishers, Inc. 2010, pp. 69-113.
20. Volfson I.F., Pechenkin I.G., Pikhur O.L., Pronin A.P et al. (2010 б) *The Medical Geology Community in Russia and the NIS* in (Eds.) Selinus O., Fikelman R. , Centeno J. *Medical Geology. A Regional Synthesis*. Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2010. pp. 221-258.