

## СОДЕРЖАНИЕ КАЛЬЦИЯ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ ЮГО-ВОСТОЧНЫХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН И УРОВЕНЬ ЕГО ДЕПОНИРОВАНИЯ В ОРГАНИЗМЕ

Рафикова Ю. С.<sup>1,2</sup>, Семенова И. Н.<sup>1</sup>, Муллагулова Э. Р.<sup>1</sup>, Рафиков С. Ш.<sup>3</sup>, Дровосекова И. В.<sup>2</sup>, Горбунов А. В.<sup>4</sup>, Биктимерова Г. Я.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГАНУ «Институт региональных исследований Республики Башкортостан», г. Сибай, Россия, shagit67@mail.ru;

<sup>2</sup>ГБУЗ Центральная городская больница, г. Сибай, Россия;

<sup>3</sup>ГОУ ВПО БГМУ Минздрава РФ, г. Уфа, Россия;

<sup>4</sup>ГБОУ ВПО ЮУГМУ Минздрава РФ, г. Челябинск, Россия

Проведено исследование содержания макроэлементов (Ca) в питьевой воде и волосах населения (Ca, Mg, P) юго-восточного региона Республики Башкортостан. Установлено, что в ряде случаев содержание кальция в питьевой воде не соответствует санитарно-гигиеническим нормам. Пониженным содержанием кальция отличалась вода горных районов – Бурзянского и, в некоторых случаях, Абзелиловского. В то же время уровень кальция в питьевой воде Зианчуринского района в большинстве случаев был повышенным. Среднее содержание кальция в источниках питьевого водоснабжения в исследуемых районах колеблется в пределах: в Абзелиловском районе от 1,4 до 188,4 мг/л; в Бурзянском районе от 12,5 до 65,0 мг/л; в Зианчуринском районе от 77,4 мг/л до 145,8 мг/л, в Зилаирском районе – от 48,4 до 89,7 мг/л. Данные показатели зачастую выходят за пределы интервала физиологической полноценности питьевой воды, равного 25–130 мг/л, который определен СанПиН 2.1.4.1116-02. Содержание кальция в волосах обследованных лиц также выходило за пределы биологически допустимого уровня. Среди взрослого населения только у 41,7 % лиц содержание этого химического элемента соответствовало нормальным значениям. Повышенный уровень кальция в волосах был выявлен у 27,8 % обследованных взрослых, пониженный – у 30,6 %. Биологически допустимый уровень магния был выявлен у 38,9 % обследуемых взрослых, у 50 % этот показатель был повышенным и у 11,9 % – пониженным. Содержание фосфора соответствовало биологически допустимому уровню у 47,2 %, было повышенным у 16,7 %, пониженным – у 36,1 %. Наибольшее содержание кальция было выявлено в волосах жителей Зианчуринского района, наименьшее – у жителей Бурзянского района. Максимальный уровень магния был отмечен также у жителей Зианчуринского, а минимальный – у жителей Зилаирского районов. Жители Бурзянского и Абзелиловского районов характеризовались наибольшим уровнем фосфора, жители Зианчуринского района – наименьшим уровнем этого элемента в волосах. Содержание изученных элементов изменялось в зависимости от возраста: наибольший уровень Ca определялся у взрослых лиц, Mg – у подростков, наименьший уровень P был отмечен у детей. Выявлено наличие корреляции в паре «волосы – питьевая вода» по содержанию Ca.

Ключевые слова: питьевая вода, сельские районы республики Башкортостан, волосы, фосфор, магний, кальций.

## CALCIUM CONTENT IN DRINKING WATER IN SOUTHEASTERN REGIONS REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN AND THE LEVEL OF HIS DEPOSITION IN THE ORGANISM

Rafikova Y. S.<sup>1,2</sup>, Semenova I. N.<sup>1</sup>, Mullagulova E. R.<sup>1</sup>, Rafikov S. S.<sup>3</sup>, Drovosekova I. V.<sup>2</sup>, Gorbunov A. V.<sup>4</sup>, Biktimerova G. Y.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute for Regional Studies of the Republic of Bashkortostan, Sibai, Russia, shagit67@mail.ru;

<sup>2</sup>Sibai central city hospital, Sibai, Russia;

<sup>3</sup>Bashkir State Medical University, Ufa, Russia;

<sup>4</sup>South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

A study has been performed of macronutrients contents (Ca) in drinking water and the hair of the population (Ca, Mg, P) south-eastern region of the Republic of Bashkortostan. It was found that in some cases the calcium content in drinking water does not meet sanitary standards. The water of Burzyansky and, in some cases, of Abzelilovsky areas distinguishes in reduced calcium content. At the same time, the level of calcium in the drinking water of Zianchurinsky area in most cases was elevated. The average calcium content in the springs of drinking water in the studied areas ranges: Abzelilovsky – in the area from 1.4 to 188.4 mg / L; Burzyansky – in area of 12.5 to 65.0 mg / l; Zianchurinsky – in the area from 77.4 mg / L to 145.8 mg / L, Zilair area – from 48.4 to 89.7 mg / L. These indicators often go beyond the range of the physiological usefulness of drinking water,

equal to 25–130 mg / l. The calcium content in the hair of surveyed persons also go beyond the biologically acceptable level. Among adults, only 41.7 % of those contents of this element corresponds to normal values. Increased level of calcium in the hair was detected in 27.8 % of surveyed adults, low - at 30.6%. Biologically acceptable level of magnesium was detected in 38.9 % of surveyed adults, 50 % of this number was increased and 11.9 % – lower. The phosphorus content corresponds the biologically acceptable level at 47.2 %, increased at 16.7 %, lower – at 36.1 %. The highest content of calcium was found in the hair of Zianchurinsky area residents, the smallest – Burzyansky area residents. The maximum level of magnesium was registered on Zianchurinsky residents and the minimum – Zilairsky area residents. Burzyansky Residents and Abzelilovsky Residents characterized by the highest level of phosphorus, Zianchurinsky area residents – the lowest level of this element in the hair. The studied elements content varies depending on age: the highest level of Ca is in adults, Mg – is in adolescents, the lowest level of P was found out in children. It has been revealed a correlation in a pair of "hair-drinking water" on the content of Ca.

---

Keywords: calcium, magnesium, phosphorus, hair, drinking water, rural areas of the Republic of Bashkortostan.

Юго-восточный регион Республики Башкортостан, в котором расположен ряд сельских административных районов, в том числе Абзелиловский, Бурзянский, Зилаирский и Зиянчуринский, в настоящее время считается экологически благополучным, поскольку здесь отсутствуют крупные промышленные предприятия, население занимается, главным образом, сельским хозяйством, а также лесозаготовкой. Несмотря на это некоторые показатели заболеваемости проживающего населения являются более высокими по сравнению со среднереспубликанским уровнем. Так, согласно статистическим отчетам Медицинского информационного аналитического центра Республики Башкортостан, в 2014 г. заболеваемость по обращаемости среди подросткового населения в Зиянчуринском районе составила 296157 случаев на 100 тыс. населения против среднереспубликанского показателя, равного 262780; в Бурзянском районе заболеваемость взрослого населения равнялась 228041 при среднереспубликанском уровне, равном 173079 случаев на 100 тыс. населения.

Одной из причин заболеваемости населения может являться дисбаланс химических элементов в объектах окружающей среды, способствующий нарушению химического состава организмов и отклонениям от их нормального функционирования [2,9].

По содержанию в организме, распределению в различных органах и тканях, многообразию функций и наиболее совершенной системе гомеостаза первостепенная роль в обмене веществ принадлежит кальцию [8,9].

Токсическое действие кальция проявляется только при длительном приеме и обычно у лиц с нарушенным обменом этого биоэлемента. При избыточном поступлении кальция происходит отложение кальция в органах и тканях, наблюдается повышение кислотности желудочного сока с развитием при определенных обстоятельствах язвенной болезни желудка; склонность к брадикардии, увеличивается вероятность ишемической болезни сердца, подагры, почечнокаменной и желчнокаменной болезни, повышается свертываемость крови, увеличивается риск развития дисфункции щитовидной и околощитовидных желез, аутоиммунного тиреоидита; происходит вытеснение из организма фосфора, магния, цинка, железа. При недостатке кальция в организме может наблюдаться общая слабость,

повышенная утомляемость, боли, судороги в мышцах и в костях, нарушение процессов роста, декальцинация скелета, деформирующий остеоартроз, остеопороз, деформация позвонков, переломы костей, мочекаменная болезнь, нарушения иммунитета, аллергозы, снижение свертываемости крови [8,9].

Длительный дефицит кальция и витамина D в пище может явиться причиной развития остеопороза, заболевания, имеющего системный прогрессирующий характер, основным симптомом которого является снижение плотности и нарушение структуры костной ткани. Проблема остеопороза (ОП) в последние годы стала чрезвычайно актуальной в результате значительного увеличения в общей популяции людей пожилого возраста. По данным экспертов ВОЗ, ОП занимает третье место после сердечно-сосудистой патологии и сахарного диабета в общем рейтинге медико-социальных проблем современности, что, прежде всего, обусловлено его осложнениями – переломами, которые негативно влияют не только на качество, но и часто на длительность жизни, приводя к инвалидности или внезапной смерти [3].

Длительное употребление населением питьевой воды с повышенным содержанием кальция и других катионов может явиться причиной ряда заболеваний, в том числе обусловленных нарушением фосфорно-кальциевого обмена. Однако и очень мягкая вода может отрицательно влиять на организм вследствие уменьшения поступления катионов, прежде всего кальция.

Целью настоящего исследования является изучение содержания Са в питьевой воде и уровень депонирования Са, Mg и P в организме жителей юго-восточных районов Республики Башкортостан для оценки региональных особенностей обеспеченности биоэлементами остеотропного действия.

Группу наблюдения составили 92 практически здоровых жителя региона: 52 взрослых 25–70 лет, 20 детей в возрасте 0–14 лет и 20 подростков 15–17 лет, постоянно проживающие в данном регионе. Содержание химических элементов определяли в Центре Биотической медицины (Москва) методами атомной эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрией с индуктивно связанной аргонной плазмой (АЭС-ИСП, МС-ИСП). Особенности элементного статуса жителей оценивали по двум параметрам: по содержанию элементов в волосах относительно референтных величин [8], а также по частоте распространения их пониженных или повышенных концентраций в исследуемых группах. Отбор проб питьевой воды осуществляли из родников, а также из водоразборных колонок, скважин и колодцев частных домовладений. В ряде случаев образцы были отобраны из поверхностных вод (р. Узян, Бурзянский район). Определение содержания кальция в 40 образцах питьевой воды проводили в лаборатории ООО «Башмедь» по стандартным методикам. Статистическую

обработку данных проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel 2003 и Statistica 6.0.

В соответствии с действующими в РФ нормативами питьевая вода централизованных систем водоснабжения должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. В то же время показатели физиологической полноценности данными нормами не устанавливаются. Поэтому в нашем исследовании при оценке концентрации Са в питьевой воде взяты гигиенические нормативы для воды, расфасованной в емкости. Согласно гигиеническим требованиям к качеству воды, нормативы физиологической полноценности питьевой воды составляют для Са 25–130 мг/л [7].

По литературным данным, в горной части Республики Башкортостан, в том числе в Бурзянском районе, вода является ультрапресной и не содержит микроэлементов, которые жизненно необходимы организму человека. Использование в питьевых целях маломинерализованных (ультрапресных) вод способствует развитию хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы, почек, желудочно-кишечного тракта, отклонений в обмене веществ. Употребление такой воды обуславливает отставание физического развития у детей, у беременных женщин, регистрируются такие осложнения, как анемия, отеки, гипертония. Постоянное употребление ультрапресных вод вызывает вегето-сосудистую дистонию, связанную с дефицитом калия, кальция, магния, марганца и других элементов [1].

Среднее содержание кальция в источниках питьевого водоснабжения в исследуемых районах, по данным собственных исследований, колеблется в широких пределах: в Абзелиловском районе от 1,4 до 188,4 мг/л; в Бурзянском районе от 12,5 до 65,0 мг/л; в Зианчуринском районе от 77,4 до 145,8 мг/л, в Зилаирском районе – от 48,4 до 89,7 мг/л (табл. 1). Данные показатели в ряде случаев выходят за пределы интервала физиологической полноценности питьевой воды, равного 25–130 мг/л [7]. Показано, что подземная вода является более жесткой по сравнению с поверхностными водами, в которых концентрация Са находится на нижнем уровне ПДК.

Таблица 1

Содержание кальция в питьевой воде региона (мг/дм<sup>3</sup>)

Район исследования	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Абзелиловский	10	79,58	1,40	188,40	75,74
Бурзянский	8	42,07	12,50	65,00	19,30
Зианчуринский	12	109,92	77,40	145,80	21,28
Зилаирский	10	68,52	48,40	89,70	17,24

При оценке депонированного кальция в волосах населения исследуемого региона выявлено, что этот показатель повышается с увеличением возраста, при этом в некоторых случаях он значительно превышает допустимый уровень (табл. 2).

Таблица 2

Содержание кальция, магния, фосфора в волосах населения региона (мг/кг)

Возраст	Ca	Допустимый уровень Ca	Mg	Допустимый уровень Mg	P	Допустимый уровень P
0-14 лет	429,67	265-700	60,36	16-54	120,33	83-165
15-17 лет	1351,00	350-1200	462,92	20-90	156,25	83-165
Старше 18 лет	2075,46	400-1700	238,99	25-130	148,46	83-165

Наибольший уровень кальция был выявлен в волосах населения Зианчуринского района, наименьший – у лиц, проживающих в Зилаирском районе (табл. 3). Практически во всех районах, за исключением Зилаирского, содержание кальция в волосах населения превышало биологически допустимый уровень, хотя среди жителей Бурзянского и Зианчуринского районов также были лица с пониженным уровнем этого элемента.

Таблица 3

Содержание кальция в волосах населения районов (мг/кг)

Район исследования	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Абзелиловский	20	1256,67	517,00	3159,00	958,51
Бурзянский	25	2490,00	210,00	9819,00	2714,58
Зианчуринский	27	3755,24	64,73	5654,00	3196,53
Зилаирский	20	380,67	136,00	839,00	397,23

В итоге, согласно полученным нами данным, выявлена зависимость средней силы между содержанием Ca в волосах обследованных и концентрацией этого элемента в питьевой воде ( $r=0,42$ ). Этот факт подтверждают имеющиеся в литературе научные публикации [5].

Магний находится рядом с кальцием в группе периодической системы, эти два химических элемента вступают в обменные реакции, легко вытесняя друг друга из соединений. Магний чрезвычайно важен для нормального функционирования нервной системы. Этот химический элемент способен снижать возбуждение в нервных клетках, обладает антиаритмическим действием, укрепляет иммунную систему, способствует восстановлению сил после физических нагрузок. Дефицит магния снижает устойчивость организма к инфекциям, стрессовым ситуациям и повышает риск острых нарушений мозгового кровообращения [8,9].

Исследование содержания магния в волосах в разных возрастных группах населения показало, что минимальным уровнем этого химического элемента обладали дети в возрасте от 0 до 14 лет. При этом данный показатель соответствовал возрастным нормативам. Средний уровень содержания магния в волосах подростков примерно в 5 раз превышал верхний предел допустимого уровня для этого возраста. Среднее содержание магния в волосах взрослых также превышало возрастную норму (табл. 2).

Сравнительный анализ содержания магния в волосах населения разных районов показал, что наибольший уровень этого химического элемента имеют лица, проживающие в Зианчуринском и Бурзянском районах, наименьший – в Абзелиловском и Зилаирском районах (табл. 4).

Таблица 4

Содержание магния в волосах населения районов (мг/кг)

Район исследования	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Абзелиловский	20	133,12	40,59	246,00	74,08
Бурзянский	25	369,83	49,69	1476,00	351,62
Зианчуринский	27	482,67	353,00	602,00	124,82
Зилаирский	20	157,69	15,45	438,00	242,76

Метаболизм кальция тесно сопряжен с обменом фосфора, элемента, наиболее широко вовлеченного в различные функции организма: любой процесс или состояние, изменяющее концентрацию одного иона, приводит к противоположному изменению концентрации другого иона. Такая связь определяется тем, что их обмен контролируется одними и теми же гормональными факторами, регулируемыми взаимоотношениями между гломерулярной фильтрацией и канальцевой реабсорбцией этих химических элементов. Главный регулятор концентрации кальция и фосфора, обеспечивающий поддержание их стабильного уровня в организме, — паратиреоидный гормон (ПТГ). Избыток паратгормона сопровождается гиперкальциемией в мочевыводящей системе и развитию гиперфосфатурии. В итоге запас фосфора восполняется из костей, где он находится в химическом соединении с солями кальция, выход которых из костного матрикса также увеличивается. Образовавшийся избыточный уровень кальция в крови и почках регулируется тем же ПТГ: стимулируя обратное всасывание кальция, он снижает его выделение с мочой [3].

Наибольшее содержание фосфора было выявлено в волосах подростков, а также в некоторых случаях у взрослых. Однако во всех случаях содержание этого химического элемента не выходило за пределы допустимых значений (табл. 2).

Сравнительный анализ содержания фосфора в волосах населения, проживающего в различных районах исследуемого региона, показал, что наибольший уровень этого химического элемента имеют лица, проживающие в Бурзянском районе, наименьший – в Зианчуринском районе (табл. 5).

Таблица 5

Содержание фосфора в волосах населения районов (мг/кг)

Район исследования	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Абзелиловский	20	141,00	110,00	165,00	16,29
Бурзянский	25	154,00	113,00	235,00	32,93
Зианчуринский	27	115,54	98,62	126,00	14,79
Зилаирский	20	134,00	115,00	151,00	18,08

Проведенные исследования показали, что в изученной популяции менее 50 % взрослого населения имеет уровень кальция, магния, фосфора, соответствующий биологически допустимому уровню. Частота отклонений в содержании кальция, как в сторону повышения, так и понижения, примерно одинакова и составляет около 30 %. Повышенный уровень магния распространен среди населения региона чаще, чем пониженный, и, наоборот, дефицит фосфора в организме встречается более чем в 2 раза чаще, чем его избыток (табл. 6).

Таблица 6

Частоты дисбаланса содержания макроэлементов в волосах взрослого населения, %

Элемент	Норма	Повышено	Понижено
Ca	41,7	27,8	30,6
Mg	38,9	50	11,9
P	47,2	16,7	36,1

Дисбаланс изученных макроэлементов в окружающей среде возможно корректировать с помощью питания. Питьевая вода является незаменимым источником эссенциальных макроэлементов, присутствующих в ней в виде двухвалентных ионов, биологически доступных и легко всасываемых. Это справедливо, прежде всего, в отношении кальция, магния при их избыточных концентрациях в питьевой воде. С водой средней жесткости (3,5–7 мг-экв/л) кальций поступает в организм в количестве, равном приблизительно 15–25 % физиологической суточной потребности. Также человек может удовлетворять свои потребности в кальции за счет молока и молочных продуктов. Недостаточное содержание в рационе молочных продуктов может способствовать снижению депонирования его в организме, в особенности у детей. Так, оценка потребления кальция с

пищей у школьников Южного региона Башкортостана (Мелеузовский район) показала, что рекомендуемое количество кальция в сутки употребляли лишь 11 % детей, причём на селе доля таких детей была меньше (7,2 %), чем в городе (15 %). Количество потребляемых в день детьми молока и молочных продуктов было в 1,5–2,6 раза ниже возрастных норм (в среднем лишь 26–39 %) [4]. Таким образом, ежедневное использование в пищу молочных продуктов в достаточном количестве может внести коррективы в имеющийся дисбаланс кальция в организме.

Высокий уровень кальция в волосах и его дефицит в рационе питания не противоречат друг другу. Кажущееся несоответствие определяется, в первую очередь, специфичностью оценки показателей элементного спектра волос — повышенный уровень кальция в биосубстрате как признак развития преддефицита в отличие от уровня кальция в рационе питания, где увеличенное содержание макроэлемента соответствует количественному избытку. Однако главным при оценке повышенного уровня кальция в волосах является факт тканевого перераспределения для обеспечения нормального состояния его гомеостаза в крови и межклеточной жидкости [6].

*Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ научного проекта №15-16-02003.*

### Список литературы

1. Абдрахманов Р. Ф., Чалов Ю. Н., Абдрахманова Е. Р. Пресные подземные воды Башкортостана. – Уфа: Информреклама, 2007. – 184 с.
2. Агаджанян Н. А., Скальный А. В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. – М.: КМК, 2001. – 83 с.
3. Беневоленская Л. И., Лесняк О. М. Остеопороз. Диагностика, профилактика и лечение: клинические рекомендации. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005. – С. 19-53.
4. Головатских И. В., Бикметова Э. Р., Камиллов Ф. Х. Костная прочность и потребление кальция у младших школьников южного региона Башкирии // Казанский мед. журнал. – 2013. – Т.94. – № 5. – С.675-677.
5. Горбачёв А. Л. Элементный статус населения в связи с химическим составом питьевой воды // Микроэлементы в медицине. – 2006. – Т. 7. – Вып. 2. – С. 11-24.
6. Гресь Н. А., Гузик Е. О. Элементоз дисбаланса кальция и фосфора: клинические синдромы. – Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing, 2013. – 113 с.
7. СанПин 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества.



8. Скальный А. В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – М.: Мир, 2004. – 215 с.
9. Скальный А. В., Рудаков И. А. Биэлементы в медицине. – М.: ОНИКС21 век, 2004. – 271 с.