

Введение Согласно методологии нормирования, обоснованной нами в предыдущих публикациях, проведена оценка степени аппроксимации различными моделями выявленных зависимостей содержаний металлов в различных средах от их содержания в биосредах (волосы) с поиском наиболее адекватных. Данные зависимости являлись основой расчета региональных нормативных содержаний металлов в объектах окружающей среды, лишенных недостатков существующих ПДК. Из исследуемого спектра металлов в первую очередь нами определялось нормативное содержания стронция в питьевой воде по содержанию в волосах. Как нами рассматривалось ранее [1], изменчивость содержания металлов в исследуемых пробах питьевой воды определяется в первую очередь принадлежностью к источнику водоснабжения (поверхностный или подземный). Статистический анализ полученных результатов по анализу питьевых вод в конечной точке потребления показал наличие достоверных различий между содержанием в волжской и артезианской водопроводной воде только двух металлов - железа и стронция. В волжской воде отмечаются достоверно более высокие концентрации железа, а в артезианских водах Дербышкинского и Азинского водозаборов - стронция. Экспериментальная часть

Для оценки степени депонирования стронция в волосах рассмотрим особенности поступления, абсорбции и экскреции стронция в организме человека. Стронций, довольно распространенный в природе элемент, является типичным остеотропным микроэлементом (МЭ) благодаря сходности физико-химических свойств с кальцием. Стронций содержится во всех органах и тканях. С водой и пищей поступает в среднем 1,9 мг стронция в сутки. Стронций, поступающий с пищей, относительно плохо усваивается организмом (около 5-10 %). В основном богаты стронцием растительные продукты, а также кости и хрящи. Стронций относится к МЭ, для которых наиболее характерен водный путь поступления в организм [2]. Абсорбция стронция происходит в основной, 12-перстной и подвздошной кишке. Абсорбированный в организме стронций затем выводится, в основном с мочой, в меньшей степени с желчью. В фекалиях находится не абсорбированный стронций. В организме взрослого человека массой 70 кг находится около 320 мг стронция, причем его основное количество (до 99%) депонировано в костях. Относительно высоки концентрации стронция в лимфатических узлах ( $0,30 \pm 0,08$  мкг/г), легких ( $0,20 \pm 0,02$ ), яичниках ( $0,14 \pm 0,06$ ), печени и почках ( $0,1 \pm 0,03$ ). В цельной крови обнаружено около 0,03 мг/л стронция. Соединения стронция ядовиты незначительно. Так, из пищи, получаемой в сутки человеком, усваивается в среднем 22-23%, остальное количество элиминируется через кишечник (60%) и с мочой (17,5%). Выделение стронция происходит по всей длине кишечника. Особенно большое количество стронция секретировается печенью в составе желчи в полость двенадцатиперстной кишки. Взрослые люди выделяют с мочой 0,24-0,44, дети 0,05-0,29 мкг/сутки. С калом выделяется 0,59-2,97 мкг, с потом - около 0,02 мкг,

с волосами – менее 0,02 мкг/сутки [3,4]. При повышенном содержании стронция в организме возникает «Уровская болезнь», вследствие вытеснения ионов кальция ионами стронция из костной ткани [5]. Таким образом, разработка региональных нормативов содержания стронция в потребляемой питьевой воде с учетом доминирующего поступления в организм по водному пути и склонности к замещению кальция в организме имеет большое практическое значение. Для определения нормативного содержания стронция в питьевой воде нами строились зависимости «Металл в воде (x)- металл в волосах (y)» различными способами с оценкой адекватности. При линейной аппроксимации с уровнем доверия – 95% получена функция вида: . Ввиду однозначности зависимости ее графическое представление не целесообразно. При кубической аппроксимации получена функция вида: Параметры функции: A=5,32122; B=6,70284; C=177,19208; D=-176,53256. Графическая зависимость показана на рис. 1. Рис. 1 - Кубическая аппроксимация зависимости содержание стронция в волосах от содержания в питьевой воде При аппроксимации полиномом четвертой степени получена функция вида: Параметры функции: A0=21,6684; A1=-288,84764; A2=1668,81087; A3=-3043,23276; A4=1800,00527. Графическая зависимость показана на рис. 2. Рис. 2 - Аппроксимация полиномом четвертой степени зависимости содержание стронция в волосах от содержания в питьевой воде При логистической аппроксимации получена функция вида: Параметры функции: a=27,65842; b=8,06464; k=7,72874 Графическая зависимость показана на рис. 3. Рис. 3 - Логистическая аппроксимация зависимости содержание стронция в волосах от содержания в питьевой воде При сигмоидальной аппроксимации получена функция вида: Рис. 4 - Сигмоидальная аппроксимация зависимости содержание стронция в волосах от содержания в питьевой воде Параметры функции: A1=7,04766; A2=25,74778; x0=0,28842; dx=4,30662E-4. Сводные результаты аппроксимации сведены в табл. 1. Таблица 1 -Результаты аппроксимации

Аппроксимация	Корреляция	Средняя ошибка мкг/г	Максимальная ошибка мкг/г	Минимальная ошибка мкг/г
Линейная	0,747	3,01	28,99	0,09
Кубическая	0,754	3,09	27,53	0,02
Полиномом четвертой степени	0,778	2,99	23,99	0,02
Логистическая	0,758	3,08	26,59	0,02
Сигмоидальная	0,81	2,76	17,05	0,03

В результате анализа полученных результатов аппроксимации зависимости содержания стронция в волосах детей от его содержания в водопроводной питьевой воде можно заключить, что линейная и нелинейные аппроксимации кубическим полиномом и логистической функцией демонстрируют практически одинаковые результаты по точности и уровню корреляции регрессионной модели с экспериментальными данными (средняя ошибка порядка 51% и корреляция порядка 0,75). Полином четвертой степени, как регрессионная модель, продемонстрировал лучшие результаты: средняя ошибка снизилась примерно на два процента, а корреляция увеличилась до 0,77. Однако наиболее адекватной регрессионной моделью следует признать

аппроксимацию сигмоидальной функцией, так как данная модель обеспечивает максимальную корреляцию – 0,81. Данный результат может быть объяснен тем, что реальная экспериментальная зависимость, вероятно, представляет из себя зависимость типа «скачок с насыщением», которую сигмоида отражает наиболее точно. Также параметры модели могут быть использованы для прогнозов: при превышении порогового значения содержания стронция в водопроводной воде в 0,28842 мг/л (параметр  $x_0$ ) следует ожидать резкого скачкообразного повышения уровня стронция в волосах детей (в три и более раз). Сигмоидальная функция имеет вид: где  $A_1=7,04766$ ;  $A_2=25,74778$ ;  $x_0=0,28842$ ;  $dx=4,30662E-4$ . Следует отметить, что если подставить в формулу значение 0,28842, то мы получим содержание стронция в волосах, равное 16,3 мкг/г. Данное значение очень близко к региональному нормативу содержания стронция в волосах детей, разработанному сотрудниками кафедры педиатрии КГМА [3], имеющему значение 14 мкг/г. На участке скачка сигмоида очень чувствительна и округление концентрации стронция в воде всего до 0,288 дает снижение расчетной величины стронция в волосах сразу до уровня 12,2 мкг/г, что подтверждает адекватность рассматриваемой модели региональному нормативу. Величине 14 мкг/г стронция в волосах соответствует концентрация 0,2882 мг/л стронция в питьевой воде, что является не принципиальным, при массовых оценках качества воды, поэтому в качестве порогового значения концентрации стронция в воде мы предлагаем использовать округленную величину 0,288 мг/л. Около 12% наблюдений превышают это значение. ПДК стронция в питьевой воде составляет 7 мг/л. Следует отметить, что определенное нами альтернативное ПДК нормативное содержания стронция в питьевой воде меньше регламентированного в 24,3 раза.