

КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ГЕОЛОГИИ  
И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НЕДР  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ  
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Е.П. ЯНИН**

**ФТОР  
В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ  
ГОРОДА САРАНСКА И ЕГО  
ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

**МОСКВА - 1996**

Янин Е.П.

Фтор в питьевых водах города Саранска и его гигиеническое значение. - М.: ИМГРЭ, 1996. - 58 с.

На основе оригинального фактического материала и литературных данных рассмотрены особенности распределения фтора в природных водах Мордовии, в питьевых водах и биосубстратах детского населения г.Саранска; показана его роль в развитии флюороза зубов у детей дошкольного возраста; установлено, что в пределах республики формируется природно-техногенная биогеохимическая провинция, обусловленная использованием фтороносных подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения; приведены данные об общем химическом составе вод и тенденциях его изменения в условиях техногенеза.

О т в е т с т в е н н ы й р е д а к т о р

доктор геол.-мин. наук

Б. А. Колотов

Р е ц е н з е н т ы:

канд. геол.-мин. наук А.А. Волох

канд. геол.-мин. наук И.В. Галицкая

© Е.П. Янин, 1996

© ИМГРЭ, 1996

Фтор широко распространен в природе и встречается во всех природных объектах. Биогеохимический цикл фтора определяется особенностями его физико-химических свойств, обуславливающих активную воздушную и водную миграцию, свойствами природных компонентов и участием элемента в биохимических процессах. Живые организмы обладают способностью концентрировать фтор в повышенных количествах и играют важную роль в процессах трансформации его в природе. В свою очередь, фтор имеет большое значение для нормальной жизнедеятельности организмов и, что особенно важно, для жизни и здоровья человека. Можно с уверенностью утверждать, что роль фтора в биосфере очень велика.

В условиях окружающей среды особую экологическую значимость имеют ситуации, связанные как с избытком, так и с недостатком фтора. Как известно, А.П. Виноградов [9] относил фтор к химическим элементам, формирующим биогеохимические провинции и эндемии так называемого второго типа (интерзональные биогеохимические провинции и эндемии, не имеющие связи с какой-либо определенной почвенно-климатической зоной и встречающиеся в различных регионах).

В настоящее время особенно хорошо известны хронические эффекты у человека и животных, проявляющиеся, прежде всего, при низких (кариес зубов и остеопороз) и при высоких (флюороз зубов и костей) уровнях воздействия фтора, поступающего в организм главным образом с питьевой водой. Кариез зубов представляет собой одно из самых массовых в мире заболеваний человека, хотя и не всегда его проявления связаны с недостаточностью фтора. Он встречается у 60-70 и более процентов населения [1]. Достаточно серьезную проблему представляет и остеопороз, число заболеваний которым в мире в последние годы неуклонно возрастает. Эндемический флюороз является второй по своему значению биогеохимической эндемией в мире и уступает только лишь эндемическим тиреопатиям [16].

На современном этапе развития биосферы, особенно в хозяйственно-освоенных районах, активно идет процесс формирования принципиально новых биогеохимических провинций (областей, районов), возникновение которых обусловлено деятельностью че-

ловека. Это, в частности, связано с использованием подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения, которые в химическом отношении азональны к поверхностным геосферам. Например, интенсивная эксплуатация так называемых фтороносных вод привела к образованию в ряде регионов мира фторовых биогеохимических провинций и очагов эндемического флюороза, которые могут быть названы природно-техногенными провинциями и эндемиками.

В предлагаемой работе приведены результаты специализированных исследований, выполненных в городе Саранске и его окрестностях в 1989-1992 гг. и направленных на изучение особенностей распределения фтора в подземных (питьевых) водах, а также на выявление связи между потреблением питьевой воды с повышенным содержанием этого элемента и состоянием здоровья населения города. Ситуация, сложившаяся в Саранске, в какой-то мере может быть типичной для биогеохимических районов, сформировавшихся при использовании фтороносных вод в питьевых целях.

Указанные работы выполнены сотрудниками ИМГРЭ (руководитель и ответственный исполнитель - Е.П. Янин, исполнители - Л.И. Кашина, Ю.Я. Чардина, Е.Д. Козлов) и МОМГЭ ИМГРЭ (В.И. Тростина, Л.В. Душанина, Е.Е. Макагон).

Город Саранск (с населением около 360 тыс. человек) является крупным промышленным центром России. Выполненный в городе комплекс эколого-геохимических исследований свидетельствует о том, что по интенсивности накопления и уровням содержания токсичных элементов, контрастности и протяженности техногенных аномалий, их комплексности, а также по общей структуре и масштабам загрязнения территории Саранск относится к неблагоприятным в экологическом отношении городам страны [8]. Важнейшими особенностями города, которые следует учитывать при оценках воздействия различных факторов на состояние здоровья городского населения, являются: а) комплексный состав формирующихся в городской среде техногенных геохимических аномалий; б) присутствие в атмосферном воздухе повышенных концентраций антибиотиков, обусловленное деятельностью завода по производству медикаментов; в) специфика состава питьевых вод, отличающихся повышенными содержаниями фтора и ряда других компонентов.

Влияние водного фтора на состояние здоровья населения города практически не изучено. В то же время воздействие повышенных доз этого элемента, поступающего в организм людей с питьевой водой, а также в определенной мере с атмосферным воздухом, на общее состояние здоровья человека и сопротивляемость последнего вредным факторам среды не может не учитываться и требует специального изучения.

Водоснабжение г. Саранска осуществляется одновременным функционированием пяти взаимодействующих водозаборных сооружений (водозаборов) - "Центрального", "Резинотехника", "Октябрьского", "Пензятского" и "Руднянского". Первые три водозабора расположены в пределах города; последние два - за его пределами (около 7 и 27 км соответственно). Кроме того, эксплуатируется ряд групповых и одиночных скважин, расположенных в разных районах города. Это во многом увеличивает ненадежность существующей системы водоснабжения, затрудняет своевременный контроль качества воды и не исключает вероятности попадания в водопроводную сеть, закольцованную в пределах города, нежелательных примесей. В настоящее время среднесуточное пот-

ребление воды в городе составляет немногим более 200 л на одного жителя. Централизованным водоснабжением охвачено более 97% городского населения. Как в прошлые годы, так и сейчас Саранск испытывает острую нехватку воды для питьевого и промышленного водоснабжения [8;15].

В 1991 г. на указанных водозаборах в летний (июль) и осенний (октябрь) периоды были выполнены динамические (8 дней подряд в каждый период) наблюдения за химическим составом подземных (питьевых) вод (т.е. в общей сложности было отобрано и исследовано 80 проб воды). Водопроводная сеть опробовалась в пределах основных районов города примерно по равномерной сети: в 1989 г. (лето) отобрано 22 пробы воды; в 1990 г. (лето) - 30 проб; в 1991 г. (лето и осень) - соответственно 100 и 45 проб воды. Отбор и предварительная обработка геохимических проб осуществлялась в соответствии с существующими рекомендациями [30-34]. Пробы воды на водозаборных сооружениях отбирались из специально предназначенных для этих целей кранов; отбор проб воды из городского водопровода осуществлялся из водопроводных кранов (жилые дома, учреждения и т.п.) и общественных водозаборных колонок. Во всех случаях непосредственно перед отбором пробы производился слив воды из крана по крайней мере в течение нескольких минут (не менее 10 мин.), чтобы дать возможность застоявшейся воде выйти из водопроводной трубы. Пробы воды отбирались в белые полиэтиленовые канистры или в стеклянные бутылки. Все виды химических анализов производились в специально оборудованной полевой лаборатории в день опробования (как правило, не позднее 3-4 часов после отбора). Лаборатория размещалась в лесной зоне за пределами города

Оценка влияния фтора на состояние зубо-челюстной системы была проведена на основании осмотра детей врачом-стоматологом, при этом оценивались показатели клинического проявления заболевания зубов - поражение их кариесом и/или флюорозом. Для обследования были взяты дети в возрасте 5-6 лет (смешанный прикус зубов), посещающие детские дошкольные учреждения (ДДУ), которые расположены в пяти различных (основных) районах города ( Центр, Северный, Заречный, Светотехника, Октябрьский). В качестве условно-контрольной использовалась детей аналогичного возраста, проживающих в пос. Николаевка (ближайший южный при-

город города Саранска) и также посещающих ДДУ. Предполагалось, что наряду с централизованным водоснабжением жители поселка используют грунтовые воды (колодцы, неглубокие скважины), отличающиеся сравнительно невысокими уровнями содержания фтора (до 0,4-0,6 мг/л) и более высокими, чем в подземных водах, кальция. Кроме того, структура питания жителей указанного поселка должна отличаться от таковой жителей города, главным образом, из-за наличия приусадебных участков. Немаловажным является и тот факт, что по качеству состояния окружающей среды пос. Николаевка заметно отличается (в лучшую сторону) от городских районов. В каждом ДДУ было обследовано по 60 детей.

Выбор указанной возрастной группы определялся следующими причинами. Прежде всего, длительное время считалось, что флюороз не поражает молочные зубы, по крайней мере, при смешанном прикусе он проявляется не так резко, как у детей с постоянным прикусом зубов. В настоящее время, по-видимому, можно считать доказанным, что молочные зубы поражаются этим заболеванием, однако лишь при значительных концентрациях фтора в питьевой воде. По некоторым данным интенсивность поражения может составлять от 2,1 до 23 % [2]. Поэтому представлялось интересным оценить воздействие фтора на развитие флюороза у детей указанной возрастной группы, во-первых, при содержаниях фтора в питьевой воде на уровне примерно 2 мг/л, во-вторых, в условиях промышленного города, отличающегося неблагоприятной экологической обстановкой. Естественно, что влияние фтора на детей в период активного формирования зубного и костного аппарата имеет особое значение. Возможно, что именно данная возрастная группа детей является убедительным индикатором опасности поражения населения флюорозом. Предполагалось также, что выполненный комплекс исследований будет являться первым этапом широкой программы работ по изучению распределения фтора в окружающей среде г. Саранска и его влияния на здоровье населения разных возрастных групп. К сожалению, по независящим от исполнителей причинам выполнение указанной программы было приостановлено.

С целью изучения концентрирования фтора в биосубстратах детей в тех же самых ДДУ был проведен отбор проб мочи и волос. Волосы для анализа состригались с затылочной части на всю длину в количестве до 1,5 мг. Предварительная подготовка их к

анализам заключалась в обработке (для снятия поверхностного загрязнения) детергентом (лаурилсульфат натрия) и спирто-эфирной смесью (для обезжиривания) в соответствии с существующими рекомендациями [34]. Отбор проб мочи осуществлялся в полиэтиленовые емкости, обработанные 0,1 н. раствором азотной кислоты, с количественным учетом диуреза. Всего отобрано и исследовано 138 проб мочи и 138 проб волос.

Химико-аналитические исследования распределения фтора в пробах воды, мочи и волос осуществлялись потенциометрическим методом с ион-селективным электродом (иономер ЭВ-340) [31,34]. Общий химический состав воды - по стандартным методикам [31]. В каждом ДДУ по "Индивидуальным картам развития ребенка" была проанализирована острая заболеваемость детей.

При интерпретации полученных данных использовались существующие или рекомендованные нормативные величины фтора в воде и биосубстратах. Как известно, ПДК фтора в воде водоемочников для России составляет: I пояс - 1,5 мг/л; II пояс - 1,2 мг/л; III-IV - 0,7 мг/л. Всемирная организация здравоохранения рекомендует уровень фтора в питьевой воде не более 1,5 мг/л и не менее 0,6 мг/л [30]. По данным А.П. Авцына и др. [1] "нормальные" (фоновые) уровни фтора в волосах взрослого населения вне зон развития эндемий флюороза составляют в среднем 53-72 мкг/г; у жителей Московской области, не имеющих производственного контакта с фтором, содержание этого элемента в волосах в среднем составляет 83,4 мкг/г [34]. Величины в пределах 53-72 мкг/г, видимо, более реальны как фоновые, поскольку в Московской области не исключено влияние повышенных содержаний фтора в питьевых водах. В качестве условно-допустимого уровня фтора в волосах можно принять величину в 150 мкг/г. В имеющейся литературе нормальным (фоновым) уровнем фтора в моче считается 0,8 (0,4-1,3) мг/л, физиологическим уровнем 1,5 мг/л и критическим 4 мг/л. Некоторые авторы в качестве средней величины концентрации фтора в моче (в нормальных условиях) приводят 0,49 мг/л (Колмогорцева, 1983). Литературные данные свидетельствуют, что наиболее информативным для диагностики фторовой интоксикации является уровень последнего в моче. Тем не менее, в большинстве случаев достаточно надежным индикатором является и уровень концентрирования фтора в волосах.

Более 99 % всего организменного фтора находится в твердых тканях - в зубах и костях. Биологическое действие этого элемента обусловлено его способностью замещать ион гидроксила как в апатите костной и зубной ткани, так и в неминерализованных тканях, а также, предположительно, в активном центре ферментов [1;36;37].

Фтор, как считают многие исследователи, является эссенциальным биоэлементом. В частности, В.В. Ковальский (1974) однозначно относил этот галоген к незаменимым элементам. По мнению А. Ленинджера [24] фтор бесспорно необходим для правильного формирования зубов и костей. Так, несмотря на то, что фтороapatит составляет лишь небольшую долю кристаллических компонентов кости и зуба, тем не менее именно его присутствие придает кристаллам гидроксилapatита, являющегося главным неорганическим компонентом костной и зубной ткани, прочность и устойчивость.

А.П. Авцын и др. [1] включили фтор в группу так называемых "условно эссенциальных элементов", так как считают, что незаменимость его все же нельзя считать окончательно доказанной. Авторы цитируемой работы убеждены, что, например, защитный эффект фтора (при кариесе зубов и остеопорозе) следует рассматривать скорее как результат фармакологического действия этого химического элемента. А. Ленинджер [24], однако, утверждает, что фтор - не лекарственный препарат, а эссенциальный элемент, присутствие которого в пище просто необходимо. В настоящее время достаточно надежно установлено, что биологическая "незаменимость" фтора проявляется в определенных интервалах содержания (пороговые концентрации). Известны также важнейшие заболевания, обусловленные дефицитом (гипофтороз) или избытком (гиперфтороз) этого химического элемента у человека (табл.1).

Гипофтороз, т.е. фтордефицитное состояние человека, характеризуется развитием остеопороза (разрежением костного вещества) и кариеса зубов, возникновение которых связано с тем, что минеральная часть костной и зубной ткани способна растворяться под действием различных кислот. В первом случае кислая

Т а б л и ц а 1. Важнейшие заболевания, синдромы и главные признаки дефицита и избытка фтора у человека [1]

При дефиците	При избытке
Врожденный гипофтороз(?). Гипофтороз детей грудного и дошкольного возраста (запаздывание прорезывания зубов и специфическое поражение зубов молочного прикуса кариесом).	Эндемический флюороз зубов.
Гипофтороз у детей школьного возраста (типичное поражение зубов кариесом; нестоматологическое проявления практически не изучены).	Эндемический флюороз костей скелета, в том числе калечашие формы.
Гипофтороз у взрослых (типичный кариес зубов в эндемичных зонах с низким содержанием фтора в питьевой воде).	Миелорадикулопатии.
Гипофтороз в старческом возрасте (прогрессирование типичного кариеса зубов, фторзависимый остеопороз скелета, склонность к переломам, особенно у женщин).	Профессиональный флюороз.
Гипофтороз беременных(?).	Прочие разновидности флюороза (ятрогенный, соседский, винный, чайный и т.п.).
Акклиматизационный гипофтороз у приезжих жителей Севера.	

Т а б л и ц а 2. Сравнительное значение разных путей поступления фтора в организм взрослых людей [30]

F в воде, мг/л	Поступление F в неделю, мг				Доля поступления с водой, %
	Только вода	Только воздух	Только пища	Общее	
0,5	7,0	0,0	7,0	14,0	50
1,0	14,0	0,0	7,0	21,0	67
1,5	21,0	0,0	7,0	28,0	75

Примечание: поступление фтора с пищей 1 мг/сутки; потребление воды 2 л/сутки; доля поступления из атмосферного воздуха незначительна; поступление при других путях воздействия в этих расчетах не учитывалось.

среда создается костными клетками, во втором случае - бактериями, населяющими поверхностные слои зубной эмали. Необходимо отметить, что оба заболевания имеют весьма сложную природу и их проявление не всегда прямо связано с гипофторозом. Кроме того, кариес зубов и остеопороз, по-видимому, не являются единственным выражением фторовой недостаточности. Имеются косвенные указания на связь гипофтороза с тонзиллопатиями, рахитом, неполноценностью иммунного статуса и нарушениями обмена кальция.

Важнейшей формой проявления гиперфтороза является флюороз зубов и скелета. Экспериментальные и эпидемиологические исследования последних лет свидетельствуют о том, что существуют, по-видимому, многие другие формы гиперфтороза. Известно, например, что при флюорозе страдают печень, почки, ЦНС и др.

В.Д. Арутюнов и др. [2] считают флюороз зубов первоначальным симптомом более серьезных нарушений в кальциевом обмене организма при интоксикации высокими дозами фтора. По мнению авторов цитируемой статьи флюороз представляет собой общее заболевание организма. Таким образом, можно предположить, что степень и интенсивность проявления его могут зависеть от целого ряда средовых и социально-бытовых факторов, а также от индивидуальных особенностей организма.

В общем случае предполагается, что общетоксическое действие фтора пропорционально его количеству, поступающему в организм, и не зависит от пути поступления. Специфическое действие на костную и зубную ткани преимущественно определяется содержанием его в питьевой воде. Фтор достаточно эффективно усваивается легкими, что может существенно повысить его поступление в организм в случае загрязнения атмосферного воздуха. Фтор, потребляемый с водой, усваивается организмом практически полностью; содержащийся в пище усваивается на 20% меньше, чем из воды. Даже фтор жидких продуктов всасывается на 5-10% меньше и медленнее, нежели поступающий с водой [25]. Практически всегда важнейшим источником поступления фтора в организм человека, за исключением случаев профессионального и промышленного воздействия, является питьевая вода (табл.2).

Многие исследователи считают, что достаточным указанием на вероятность возникновения гипо- или гиперфтороза является

уровень содержания фтора в природных (питьевых) водах. Концентрация фтора менее 0,3-0,5 мг/л указывает на возможное развитие гипопародонтоза, тогда как уровень его в 1,5 мг/л и более является потенциально флюорозогенным, особенно в условиях жаркого климата [12;13;28].

В свое время Р.Д. Габович [12] для оценки питьевых вод по содержанию фтора предложил следующую шкалу:

- до 0,3 мг/л - очень низкая концентрация фтора, пораженность кариесом населения при употреблении такой воды в 2-4 раза больше, чем при употреблении воды с оптимальной концентрацией этого элемента;

- 0,3-0,7 мг/л - низкая концентрация, при которой пораженность кариесом зубов в 1-2 раза больше, чем при оптимальной концентрации фтора;

- 0,7-1,1 мг/л - оптимальная концентрация фтора, пораженность населения кариесом зубов приближается к минимальной;

- 1,1-1,5 мг/л - повышенная концентрация, заболеваемость кариесом зубов минимальна;

- 1,5-2,0 мг/л - концентрация фтора выше предельно допустимой, до 30-40% населения поражено флюорозом зубов;

- 2,0-6,0 мг/л - высокая концентрация, пораженность населения кариесом зубов больше минимальной, 30-40 % населения страдает флюорозом;

- 6,0-15,0 мг/л - очень высокая концентрация, пораженность населения кариесом зубов значительно больше минимальной, 90-100 % населения поражено флюорозом зубов с преобладанием тяжелых форм, при уровнях фтора более 8 мг/л возможны поражения скелета.

В настоящее время рекомендуют выделять следующие виды флюороза: профессиональный, соседский, ятрогенный и эндемический. Профессиональный флюороз развивается у рабочих соответствующих специальностей. Соседский флюороз фиксируется у животных и человека в зонах техногенного загрязнения окружающей среды соединениями фтора. Ятрогенный флюороз обусловлен избытком фтора при употреблении лекарственных средств. Эндемический связан с природными факторами, главным образом с повышенными содержаниями фтора в природных (питьевых) водах. Известны также "экзотические" виды флюороза, такие, например,

как винный, чайный и т.п., связанные с высоким содержанием фтора в чае и некоторых марках домашнего вина [1;5;28;36;37].

В общем случае у населения эндемичных по флюорозу районов фиксируется пятнистость зубов, боль и ригидность в суставах и спине, затруднение при вставании, слабость в конечностях, потеря чувствительности. Высокие дозы фтора могут спровоцировать кальцификацию мягких тканей, особенно кровеносных сосудов, связок, сухожилий, а также служить причиной мертворождений и высокой детской смертности. Обычно различают эндемический флюороз у детей и эндемический флюороз у взрослых. Первый характеризуется специфическим поражением молочных и постоянных зубов, а также умеренными изменениями скелета. У взрослых длительное (20-30 лет) поступление в организм повышенных количеств фтора с питьевой водой может приводить к развитию рентгенологической картины эндемического скелетного флюороза с достаточной высокой степенью выраженности костных изменений. Тяжесть поражения может изменяться от суставных болей до полной нетрудоспособности, которая чаще наблюдается у мужчин. Однако у женщин флюороз проявляется обычно значительно раньше. Кроме того, у взрослого населения отмечаются также функциональные нарушения миокарда, нервной системы, печени, слухового и зрительного анализаторов, дистрофические изменения в позвоночнике и др.

Оценка тяжести флюорозного поражения зубов, являющегося наиболее характерным и главным постоянным признаком эндемического флюороза, обычно проводится по известной классификации Р.Д. Габовича, в которой выделяются I-IV степени поражения зубов флюорозом (от очень слабого поражения, соответствующего I степени, до сильного, соответствующего IV степени).

Общепризнанным считается тот факт, что у зубов с легкими (I и II) степенями флюороза их функциональные свойства (прочность, стираемость, форма) не изменены и они менее подвержены кариесу, тогда как зубы с тяжелыми (III и IV) степенями поражения отличаются выраженными расстройствами минерализации, что способствует их разрушению, часто расцениваемого как кариозное поражение. Макроскопическая картина поражения флюорозом зубов может быть довольно разнообразной, особенно у подростков. Как правило, зубы поражаются в следующей последовательности: резцы,

малые коренные, большие коренные, клыки. Обычно в районах явной эндемии встречаются все степени флюороза зубов. При недостаточном питании и увеличении содержания фтора в объектах окружающей среды, приводящего к его поступлению в организм в еще более высоких дозах, могут развиваться явления остеопороза и остеопороза [1]. Низкое содержание кальция в воде (примерно до 30 мг/л) и в пищевых продуктах (до 300-400 мг/кг) усугубляет течение болезни [11]. Суточная потребность фтора для взрослого человека по разным данным колеблется от 1-1,5 мг до 2-3 мг [11;13;28;36].

С большой долей уверенности можно утверждать, что характер проявления и течения заболевания как в различных природных регионах, так и даже в пределах одного небольшого района может быть самым разнообразным. Если в первом случае различие, вероятно, в большей степени связано с факторами окружающей среды, то во втором, как отмечают А.П. Авцын и др. [1], с индивидуальной чувствительностью организма к фтору, а также, несомненно, зависит от конкретных социально-бытовых факторов и условий питания человека.

Фтор - постоянный компонент практически всех типов природных вод, среди которых особое значение имеют подземные фтороносные воды, т.е. воды, содержащие более 1,5 мг/л фтора [19]. Гидрогеохимические провинции фтороносных вод широко распространены в мире, в том числе на территории России. Указанные воды достаточно активно используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Среди фтороносных вод выделяются два основных типа, имеющих региональное распространение и являющихся носителями типичных свойств таких вод [19-21]. Первый тип представлен пластовыми водами структур, сложенных осадочными породами. В частности, они известны во многих артезианских бассейнах Русской платформы. Второй тип представлен трещинно-жильными гидрокарбонатными натриевыми и сульфатными натриевыми водами зон тектонической активизации в пределах массивов магматических и метаморфических пород. Типичными являются воды разломных зон кристаллических массивов (азотные термальные воды). В этих водах содержания фтора достигают значений до нескольких сотен мг/л.

В общем случае, как показали исследования С.Р. Крайнова и Н.Г. Петровой [19], степень концентрирования фтора в подземных водах определяется литолого-геохимическими особенностями водовмещающих горных пород. Поскольку содержания этого элемента в водах всегда гораздо меньше его кларковых уровней в породах, то любые водовмещающие толщи служат "неисчерпаемым источником" фтора для подземных вод. При благоприятных гидрогеохимических условиях практически любой существующий в конкретном бассейне тип воды может перейти в категорию фтороносных вод.

Анализ материалов Ю.И. Ворошилова, Э.Я. Жовинского, С.Р. Крайнова, В.В. Красинцевой, Л.В. Пустовалова, Н.М. Страхова, А.Б. Ронова и других исследователей показывает, что в условиях Русской равнины важнейшими факторами, определяющими вероятность формирования фтороносных подземных вод, являются:

1) наличие горных пород, особенно среднекарбонатового возраста, характеризующихся относительно повышенными концентрациями фтора;

2) разнообразии форм закрепления этого элемента в породах и присутствии определенных его количеств в легкорастворимых соединениях;

3) миграционные особенности фтора и способность последнего переходить из отложений в воду в широком спектре геохимических условий;

4) общая недонасыщенность фтором подземных вод и высокая выщелачивающая способность последних в отношении этого галогена;

5) благоприятные гидрогеологические и гидрогеохимические условия, определяемые высокой скоростью водообмена и химическими типами вод;

6) интенсивная эксплуатация подземных вод, что обуславливает активное взаимодействие различных водоносных горизонтов, усиливает скорость водообмена и меняет степень физико-химического взаимодействия в системе "вода-порода".

В среднем уровни содержания фтора в осадочных породах Русской равнины находятся в пределах 400-1060 мг/кг (кларк этого элемента в осадочных породах, как известно, составляет 500 мг/кг). По данным А.Б. Ронова и др. (1974), в глинах среднекарбонатового бассейна указанной равнины, концентрации фтора



достигают в среднем 1600 мг/кг. Исследования Ю.И. Ворошилова [10] показали, что в глинах содержания фтора приближаются к 1510 мг/кг, в породах гжельского яруса верхнего карбона они достигают в среднем 580 мг/кг, в породах среднего карбона (отложения подольского и мячковского горизонтов) - 810-850 мг/кг, заметно снижаясь в отложениях нижнего карбона.

Важнейшим носителем фтора в каменноугольных отложениях Русской платформы является флюорит. По имеющимся данным масштабы флюоритоносности довольно значительны. Установлено, что флюорит представлен тремя разновидностями. Это, во-первых, тонкорассеянный флюорит в виде бесцветных кубических кристаллов размером 0,04-0,08 мм. Во-вторых, ратовкит (землистый флюорит), приуроченный к зонам контакта палыгорскитовых глин и известняков, в частности, в средней части каширского горизонта и слагающий согласные и секущие прожилки протяженностью до 10 м и мощностью до 20 см, гнезда, налеты и примазки по трещинам, псевдоморфозы по остаткам организмов; в указанных породах содержание ратовкита может достигать 50-90%. Третья разновидность представлена темно-фиолетовым до почти бесцветного кристаллическим минералом, инкрустирующим стенки трещин, каверн выщелачивания и других пустот в карбонатных породах.

Не менее важными носителями фтора в осадочных отложениях карбона Русской равнины являются фосфаты, слюды, глинистые минералы, фтор которых в большинстве случаев и создает основной фон. Например, концентрации его в довольно широко распространенных минералах карбонатных отложений - палыгорските и сепиолите - колеблются в пределах 800-7250 мг/кг (Ронов и др., 1974). В общем случае уровни фтора в пределах большей части Русской платформы с глубиной несколько снижаются, однако одновременно возрастает относительная доля подвижных его форм. Считается, что в процессе диагенеза фтор интенсивно перераспределяется внутри отложений, при этом значительная часть его связывается в апатите, а частично он входит в новообразованные минералы. В первую очередь из горных пород удаляется фтор водорастворимых соединений и/или поровых растворов, в меньшей степени - фтор рассеянных фосфатов, а затем, по-видимому, фтор слюд и глинистых минералов. Как правило, водорастворимые, т.е. наиболее подвижные, формы фтора в осадочных породах Русской

равнины составляют первые проценты, иногда 12-15% от валового содержания. Таким образом, горные породы, слагающие Русскую равнину и являющиеся водовмещающими для важнейших эксплуатируемых водоносных горизонтов, отличаются широкой распространенностью относительно повышенных количеств различных форм фтора и определяют вероятность формирования фтороносных подземных вод, особенно в условиях их активной эксплуатации.

Обычно во фтороносных водах осадочных пород количество фтора в сумме общей минерализации, как правило, не превышает 1%; в трещинно-жилльных водах массивов кристаллических пород может достигать 10-15%. Степень фтороносности вод возрастает с увеличением отношений  $\text{Na}+\text{K}/\text{Ca}$ ,  $\text{rHCO} + \text{rCO} / \text{rCa} + \text{rMg}$  и щелочности среды. Особенно благоприятны для концентрирования фтора высокощелочные натриевые малокальциевые воды. Кислые среды также способствуют увеличению содержания этого ингредиента в водах. Изменение  $\text{Na}+\text{K}/\text{Ca}$  отношения определяет вероятность временных изменений концентраций фтора в зависимости от особенностей физико-химического и гидрогеологического режимов формирования подземных вод [20]. Временные колебания фтороносности вод обусловлены не только изменением степени взаимодействия различных водоносных горизонтов (например, в процессе эксплуатации), но и изменением степени физико-химического взаимодействия в системе "вода-порода". Свойство фтора быть универсальным аддендом определяет широкий спектр геохимических условий его перехода в воду при взаимодействии в указанной системе. Как правило, натриевые воды всегда недонасыщены фтором, причем при росте минерализации их наблюдается увеличение его концентраций. Ю.И. Ворошиловым [10] установлена определенная статистическая положительная связь между сульфатностью вод и уровнями фтора. По мнению автора цитируемой работы значительная скорость водообмена и высокая выщелачивающая способность недонасыщенных фтором вод определяют вынос огромных масс этого элемента из горных пород. Существенное влияние на водообмен и соответственно на концентрацию фтора может оказывать интенсивная эксплуатация подземных вод. Например, по расчетам Ю.И. Ворошилова из подземных вод Московской области с питьевыми водами ежегодно извлекается до 1000 т фтора, а с учетом естественной разгрузки водоносных горизонтов карбона в реки суммарное его

количество, извлекаемое подземными водами из горных пород, составляет 10000 т/год. В городе Саранске по ориентировочным подсчетам с питьевыми водами ежегодно извлекается до 70 т фтора.

Существуют данные, свидетельствующие об отсутствии связи между содержанием фтора в питьевых водах и степенью распространения флюороза среди населения. В частности, известны факты, когда флюороз фиксировался при невысоких концентрациях фтора или, наоборот, отсутствовал при высоких уровнях этого элемента в питьевых водах. С.Р. Крайнов и Н.Г. Петрова, например, утверждают, что "функциональной связи между содержаниями фтора в питьевых водах и распространением флюороза в сущности нет" [19, с.117]. Вероятно, такое утверждение слишком категорично. Так, указанная связь несомненно может отсутствовать между уровнем фтора в воде и интенсивностью развития флюороза среди населения, т.е. когда при одних и тех же уровнях фтора степень поражения населения (в процентах) и интенсивность проявления (с клинических позиций) могут существенно различаться. В данном случае безусловно существуют факторы либо сдерживающие развитие этого заболевания, либо, наоборот, усиливающие его проявление. Очень часто эти факторы не связаны с характеристиками и свойствами питьевых вод. Например, Н.И. Ополль и др. [27] приводят данные индийских исследователей о том, что в двух районах Индии, эндемичных по флюорозу, выявлена разная степень поражения населения. Широкое распространение флюороза обнаружено в районе, где население употребляло меньше кальция (300 мг/сутки). В другом районе, где население употребляло в пищу более 900 мг кальция в сутки, флюорозные поражения при одинаковой концентрации фтора в воде практически не обнаруживались. В ряде случаев источником фтора для человека могут быть не только питьевые воды. В частности, упоминаемые в ряде публикаций факты развития флюороза в районах с невысоким уровнем фтора в водах относятся преимущественно к таким странам (Вьетнам, Индия, Япония), где могут существовать не только гидрогенные формы флюороза. Некоторые виды пищевых продуктов содержат довольно значительные количества фтора [35;38]. Например, имеются данные о высоком содержании этого элемента в пищевых продуктах некоторых районов Вьетнама, что даже является

причиной флюороза зубов. Листья чая отличаются чрезвычайно высокими содержаниями фтора [18], причем при заваривании до 60-70% его количества переходит в раствор, в результате чего в чашке чая может содержаться до 0,1-0,2 мг этого элемента [36]. Традиционно повышенное потребление этого напитка в азиатских странах может потенциально способствовать развитию флюороза. Кроме того, как отмечалось ранее, существуют и другие, кроме флюороза, формы гиперфтороза.

Тем не менее, тезис С.Р. Крайнова и его коллег [19-21] о том, что помимо уровня содержания фтора в воде имеются и другие факторы, влияющие (при прочих равных условиях-Е.Я.) на проявление данной эндемии, совершенно справедлив. Авторы цитируемых работ к числу таких факторов прежде всего относят общую физико-химическую среду подземных вод, определяемую гидрогеохимическими условиями их формирования. Они исходят из того, что подземные (питьевые) воды являются многокомпонентными системами и поэтому в процессах, протекающих в организме человека и животных, участвуют не только фтор, но и другие компоненты, которые, с одной стороны, могут быть конкурентами фтора (кальций, например), а с другой стороны - ингибиторами или катализаторами соответствующих реакций. На интенсивность развития и распространения флюороза большое влияние оказывают формы миграции фтора в подземных водах и его соотношение с другими химическими элементами, в первую очередь с кальцием. В частности, наиболее флюорозоопасен фтор-ион, тогда как комплексные соединения фтора менее активно усваиваются организмом. На примере Молдавии было показано, что на фоне общего возрастания вероятности заболевания населения флюорозом с ростом концентраций фтора проявляются специфические геохимические особенности питьевых вод, которые могут сдерживать или усиливать негативное воздействие фтора. Однако, все рассуждения цитируемых выше авторов справедливы, по видимому, именно для изученного ими района (Молдавия), где развиты воды с очень высокими содержаниями фтора и невысокими концентрациями кальция, т.е. установленные закономерности являются региональными и вряд ли могут иметь универсальное значение. В водах с повышенным содержанием кальция и относительно повышенным уровнем фтора (1,5-3 мг/л), т.е. при  $rF/rCa < 0,1$ , "флюорозоактивность" воды

всецело должна определяться именно присутствием фтора, т.е. при прочих равных условиях, как свидетельствуют многочисленные данные, основным этиологическим фактором флюороза являются повышенные уровни фтора в питьевых водах.

Антифлюорозное действие кальция и ряда других компонентов, с одной стороны, связано с тем, что ион фтора взаимодействует с некоторыми элементами, в том числе и особенно с кальцием, с образованием нерастворимых соединений. С другой стороны, недостаточное поступление в организм ингибирующих биоактивность фтора элементов приводит к деминерализации костной ткани. Наступает выраженное нарушение обмена минеральных веществ, в частности кальция, второго (после цАМФ) универсального внутриклеточного регулятора метаболических процессов [27].

Техногенные факторы могут обуславливать значительный рост содержания фтора в подземных водах и способствовать формированию биогеохимических провинций (областей, районов) и эндемий флюороза, которые могут быть названы природно-техногенными (соответственно и флюороз может быть назван природно-техногенным, который по своему происхождению очень близок к так называемому соседскому флюорозу). Так, как правило, при активном эксплуатационном водозаборе происходит увеличение уровня содержания фтора в подземных водоносных горизонтах [19]. Такие явления, например, типичны для некоторых водозаборов Русской равнины, где концентрации увеличились с околокондиционных до 2-10 мг/л. По мнению С.Р. Крайнова и В.М. Швеца [20] главными (универсальными) причинами изменения качества подземных вод являются: а) прогрессирующее загрязнение их и б) процессы, вызываемые водоотбором. В отношении роста содержания фтора наиболее значимы именно процессы, спровоцированные забором воды. Интенсивный хозяйственный водоотбор вызывает снижение уровня подземных вод, перетекание подземных вод из других водоносных горизонтов, изменение объемных соотношений "порода-вода" в водоносном горизонте, что в конечном счете изменяет химический состав подземных вод и в большинстве известных случаев сопровождается повышением уровня содержания фтора. Последнее особенно характерно при направленной трансформации гидрокарбонатных кальциевых вод в хлоридные натриевые воды.

Анализ изменения концентраций фтора при эксплуатационном

отборе вод в одной из фторовых гидрогеохимических провинций (Молдавия) показал, что рост уровня содержания фтора происходит в соответствии с увеличением количества отбираемой воды. Например, на одном из водозаборов увеличение водоотбора с 3700 до 16500 тыс. куб.м/год (в течение 12 лет) вызвало возрастание концентраций фтора с 2 до 7 мг/л [20].

Необходимо отметить также, что поскольку фтор является активным аддендом-комплексобразователем, то рост концентраций его в подземных водах обуславливает изменение форм миграции ряда компонентов, что несомненно имеет определенные геохимические последствия.

### 3. ФТОР В ПРИРОДНЫХ И ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ

Для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения города Саранска используются подземные воды преимущественно верхне- и частично среднекаменноугольных отложений Мордовского (Саранского) месторождения. В структурно-гидрогеологическом отношении оно относится к Инсаро-Мокшинскому гидрогеологическому району Сурско-Хоперского артезианского бассейна [15]. Указанный артезианский бассейн занимает большую часть Токмовского свода, Рязано-Саратовский и Ульяновско-Саратовский прогибы. Границы его с соседними артезианскими бассейнами выражены достаточно четко и оконтурены склонами Окско-Цнинского вала и Воронежской антеклизы, Алатырскими, Жигулевскими, Саратовскими и Доно-Медведицкими поднятиями. В геологическом строении Сурско-Хоперского бассейна принимают участие верхне-протерозойские, палеозойские, юрские, меловые, палеогеновые и четвертичные отложения, включающие целый ряд водоносных комплексов.

#### 3.1. Условия и особенности водоснабжения

##### г. Саранска

В пределах Токмовского свода, в междуречье Иссы, Мокши, Алатыря и Инсара, выделяется местный Мордовский "артезианский бассейн", на водах которого и основывается водоснабжения мно-

гих населенных пунктов Мордовии, в том числе и города Саранска (рис. 1)–[15]. Основными структурными элементами осадочного комплекса этого бассейна являются Иссинская структура, Пособ-Ромадановская флексура и Сивиньская структура. Северные границы Мордовского бассейна совпадают с широтным простиранием долин Мокши и Алатыря; на западе граница проходит по Окско-Цнинскому валу, а на востоке по осевой части Сурско-Ветлужского прогиба.

Водоносный комплекс девонских отложений представлен серией горизонтов, связанных с карбонатными и песчаными породами. В основном он характеризуется наличием высоконапорных минерализованных вод и рассолов хлоридно-натриевого и сульфатно-магниевого составов. Юрские и нижнемеловые водоносные горизонты, приуроченные к пескам и мергелям, как правило, маломощные и слабодообоильные. Они используются ограниченно с помощью колодцев, родников и небольших скважин. Верхнемеловой и полеогеновый водоносный комплексы выходят на поверхность и содержат пресные гидрокарбонатные воды небольшой и умеренной жесткости. Заключены они в мело-мергельные породы, трещиноватые опоки, глауконитовые пески и песчаники; в отдельных местах воды используются для водоснабжения, а также питают истоки многих рек и ручьев. Воды четвертичных отложений питаются в основном за счет атмосферных осадков и разгрузки более глубоких водоносных горизонтов. В общем случае среди них можно выделить воды элювиально-делювиальных и воды аллювиальных отложений.

В практическом отношении наибольшее значение имеют водоносные горизонты каменноугольных отложений, прежде всего, верхнего и среднего карбона, на водах которых и базируется водоснабжение города Саранска [3;4;15;17;23;29;39].

Водовмещающие каменноугольные породы, представленные в основном доломитами и известняками, сильно трещиноваты и закарстованы. Водоносность зависит только от степени разрушенности пород. Толщи карбона, перекрытые водонепроницаемыми песчано-глинистыми юрскими и/или нижнемеловыми образованиями, а также аллювиальными песками, в целом имеют общее падение на юг (рис. 2). На Токмовском своде в основании гжельского яруса развита пестроцветная пачка глин, аргиллитов, мергелей с тонкими прослоями пестрых и серых глинистых доломитов, известня-

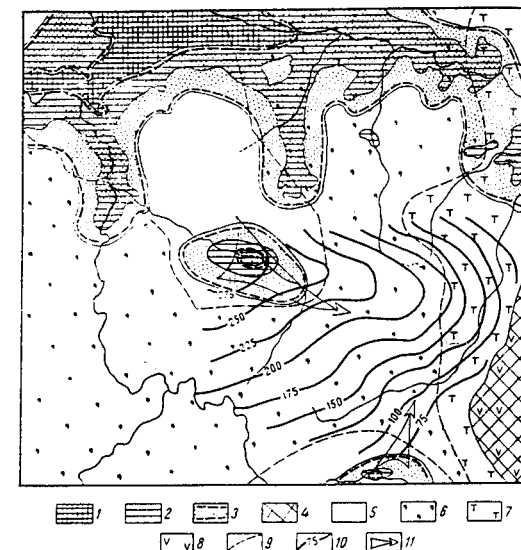


Рис. 1. Схема гидрогеологических условий Мордовского артезианского бассейна пресных вод

1 — выходы каменноугольных отложений на поверхность; 2 — каменноугольные отложения, залегающие на глубине до 25 м; 3 — зона взаимовлияния подземных вод и поверхностных вод и ее границы; 4 — зона высоконапорных вод; 5 — минерализация воды: 5 — до 0,3 г/л; 6 — от 0,3 до 0,5 г/л; 7 — от 0,5 до 1,2 г/л; 8 — более 1,2 г/л; 9 — границы зон минерализации; 10 — направление движения подземных вод; 11 — направление движения подземных вод

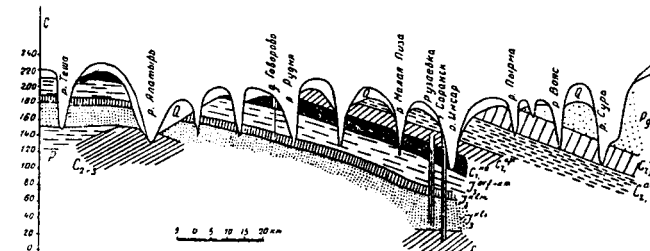


Рис. 2. Геологический разрез через Алатырский вал [23]

ков, реже алевритов и мелкозернистых песчаников. Мощность зоны пресных вод 75-200 м, а по наиболее крупной структуре - Сивиньской - она достигает 275 м.

В комплексе верхнекаменноугольных пород водоносными являются известняки и доломиты, водоупорными - глины, мергели, плотные известняки. Породы в различной степени трещиноваты и кавернозны; по всему разрезу встречаются включения и прослои гипсов и ангидритов. В районе Саранска пресные воды верхнего карбона залегают на глубине порядка 60-80 м при статическом уровне 11-30 м. Удельные дебиты скважин составляют от 0,6 до 23 л/сек, общий дебит изменяется от 4 до 94,5 л/сек. Характернейшей особенностью верхнекаменноугольных вод является их приуроченность к самым разнообразным гидрогеологическим условиям.

Среднекаменноугольные отложения в верхней части разреза представлены трещиноватыми известняками и доломитами, а в нижней части (верейский горизонт) - переслаивающимися карбонатными породами, песчаниками и глинами. В Мордовском бассейне воды среднего карбона вскрыты на глубине 150 м. Воды напорные, местами самоизливающиеся с абсолютными отметками пьезометрического уровня 93,5-166 м. Производительность водоносных горизонтов обусловлена степенью разрушенности водовещающих пород и характеризуется значениями удельного дебита скважин от десятых долей до нескольких литров в секунду.

Водоносные комплексы верхне- и среднекаменноугольных отложений имеют довольно обширную область питания. На дневную поверхность каменноугольные породы выходят в области Алатырского поднятия и южнее. Известны также изолированные выходы их по долинам рек Мокши и Сивини, Инсара и Иссы. В целом воды указанных отложений находятся в зоне активного водообмена и представляют собой типичные трещинно-пластовые и трещинно-карстовые воды.

Воды нижнекаменноугольных отложений, достигнутые скважинами в купольной части Токновского свода (Сивиньская и Иссиньская структуры), также приурочены к толще карбонатных отложений.

В целом мощность зоны пресных вод рассматриваемого района достигает 300 м и углубляется до 50 м в известняки и доломиты фаменского яруса. Указанная зона начинается от 75-100 м и уве-

личивается от р.Алатырь к Краснослободску и Рузаевке до 275-300 м.

Таким образом, в разрезе карбоновой толщи водообильны главным образом зоны повышенной трещиноватости и вторичной пористости, приуроченные к поверхностям древних перерывов в осадконакоплении. На участках с интенсивной тектонической трещиноватостью между водоносными горизонтами разреза карбонатных пород нередко устанавливается гидравлическая взаимосвязь, позволяющая объединять широкие интервалы в единые водоносные комплексы. Важнейшей гидрогеологической особенностью данного района является сильная трещиноватость и закарстованность карбонатных пород, что и определяет условия интенсивного питания водоносных горизонтов и активную гидравлическую связь подземных и поверхностных вод.

Химический состав подземных вод центральной части Мордовского бассейна довольно неоднороден в пространстве, хотя воды, используемые для водоснабжения, в целом характеризуются неплохим качеством (табл. 3). По немногочисленным данным прошлых лет для вод каменноугольных отложений характерен преимущественно гидрокарбонатный кальциевый состав и минерализация около 400-800 мг/л, а также несколько повышенное содержание хлоридов, сульфатов и магния. В связи с интенсивной эксплуатацией подземных каменноугольных вод и загрязнением верхних водоносных горизонтов гидрогеологический режим и химический состав подземных вод Мордовского бассейна заметно изменился.

Использование подземных вод в г.Саранске началось еще в начале XX в., когда были организованы буровые работы на воду и сооружены первые четыре буровые колодцы, дававшие по 400 ведер воды в сутки [23]. Преобладающее количество последующих скважин имело глубину 50-120 м, которыми были вскрыты водоносные горизонты нижнемеловых и юрских отложений, а на глубине 106-140 м - мощные напорные воды верхнекаменноугольных отложений [3]. Особенно много было пробурено скважин в период с 1930 по 1941 гг. Уже в начальные периоды эксплуатации подземных вод было замечено, что с углублением скважин сухой остаток в воде возрастает [3;15;17;23].

Интенсивный водоотбор привел к срезке уровня подземных вод, который с начала эксплуатации понизился по данным на ко-

Т а б л и ц а 3. Химический состав подземных вод Инсаро-Мокшинского гидрогеологического района, мг/л [3;15]

Район	Возраст пород	Глубина опробования, м	Минерализация	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Тип воды
Краснободский р-он	Верхняя юра	?	1280	573	286	106	232	55,6	46,4	HCO(SO)-Ca
	Средняя юра+верхний карбон	?	460	289	33	29	53	32,7	20,9	HCO-Mg(Ca)
п. Чамвинка	Верхний карбон	171	700	256	160	106	76	60,2	30,3	HCO(SO)-Mg(Ca)
с. Сивиль	Средний карбон	39,5	540	329	49	32	91	33,7	-	HCO-Ca
	То же	192	170	122	26	6	27	11	10	HC)-Ca
	---	283	446	329	66	48	64	26	62	HCO-Ca
	Нижний карбон	270	410	207	60	44	75	23,6	4,8	HCO-Ca
Инсарский р-он	То же	223,7-252,3	570	158	183	56	24	3,6	91	HCO-Na
	---	265	800	316	171	170	69	4	204	HCO(Cl)-Na(Ca)
г. Исса	Верхний девон	320-330	930	176	170	316	68	3,8	203	Cl(SO)-Na
	То же	467-485	19300	2831	9502	1207	691	4906	64	SO-Mg
---										

нец 1970-х гг. примерно на 65 м [39], а по данным на конец 1980-х гг. уже на 70-80 м [8], достигнув горизонта вод с повышенной минерализацией и высоким содержанием фтора. Активно формирующаяся депрессионная воронка с центром в городе Саранске способствует значительному ухудшению качества вод (табл.4). В частности, собственно "городские" водозаборы ("Центральный", "Резинотехника", "Октябрьский") отличаются значительно более высокой минерализацией (значения сухого остатка в среднем превышают установленный норматив, равный 1000 мг/л), чрезвычайно высокими содержаниями хлоридов, сульфатов, натрия, а также повышенными концентрациями аммонийного азота и особенно нитратов, являющихся, как известно, характерными индикаторами техногенного загрязнения. Согласно одной из существующих классификаций, исследуемые подземные воды по уровню содержания нитратов могут быть отнесены к водам с возможным антропогенным воздействием и даже к водам, явно испытывающим влияние техногенной деятельности, поскольку в отдельные дни наблюдений концентрации данного компонента достигают 13 мг/л и более [41]. Не исключено также, что в определенной мере повышенные уровни нитратов обусловлены проникновением их из более глубоких водоносных горизонтов. В частности, Н.А. Кудрявцева [22] связывает высокие концентрации нитратов в подземных водах карбона соседнего Окско-Цнинского вала не только с техногенными загрязнением, но и с поступлением из глубин и образованием их растворимых соединений. В целом явно прослеживается хорошо известная для условий депрессионных воронок тенденция перехода гидрокарбонатных кальциевых вод, характерных для более "молодых" пригородных водозаборов, в хлоридные натриевые воды "городских" водозаборов, эксплуатируемых более длительное время. Характерно, что водозабор "Октябрьский", для которого в основном типичны хлоридно-сульфатные натриевые воды, занимает некоторое промежуточное положение по степени трансформации последних. Химический состав собственно "городских" водозаборов заметно отличается от состава подземных вод в начальные этапы их эксплуатации (см.табл. 3), что свидетельствует о значительной метаморфизации подземных вод. В принципе химический состав вод эксплуатируемых горизонтов трансформировался из гидрокарбонатных кальциевых в хлоридно-натриевые, т.е. типичные воды зоны

Т а б л и ц а 4. Химический состав подземных вод Саранского месторождения, мг/л

Водообор	Сезон	pH	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	Сух.ост.	F	Тип воды
Руднянский	лето	7,78	49	117	319	1,56	0,021	46	3,50	49,5	44,1	0,77	1,50	543	2,11	HCO-Mg(Ca)
	осень	7,75	38	80	339	1,68	0,42	24	4,51	53	51	0,49	2,35	513	1,55	HCO-Ca(Na)
Пензятский	лето	7,71	57,4	109	298	1,60	0,014	38	3,20	53,3	54,3	0,42	1,93	551	2,14	HCO-Mg(Ca)
	осень	7,70	57,3	106	339	1,93	0,019	23,5	4,10	61,3	61,2	0,31	3,10	495	1,60	HCO-Ca(Na)
Октябрьский	лето	7,76	199,4	264	294	2,04	0,011	55,7	5,95	66,4	153	0,96	1,90	910	2,81	Cl(SO)-Na
	осень	8,16	202,5	236	275	9,03	0,009	34	5,35	70	160	0,71	3,75	1011	1,83	Cl(SO)-Na
Центральный	лето	7,70	235	265	283	2,41	0,016	64	5,95	68,4	148	0,79	1,93	933	2,44	Cl-Na
	осень	7,71	237	236	282	7,25	0,081	34,5	6,20	80,5	166	0,61	4,15	1041	2,25	Cl-Na
Реинготехника	лето	7,69	308	269	257	2,55	0,017	59	6,68	73,4	187	1,02	2,47	1279	2,64	Cl-Na
	осень	7,80	330	209	250	10,75	0,012	37,5	7,20	84	212	0,73	4,15	1288	2,45	Cl-Na

Примечание: O<sub>2</sub> - окисляемость; Сух.ост. - сухой остаток.

активного водообмена перешли в воды, характерные для так называемой зоны сравнительно активного водообмена, в водах которой, как известно, содержание большинства компонентов возрастает, минерализация составляет около 1-5 г/л, а тип воды при этом становится Cl-Na.

Сезонные различия в химическом составе подземных вод, фиксируемые на всех водозаборах, во многом связаны с типичным для данных напорных вод гидрогеологическим режимом [14], а также с характерными для эксплуатируемых водоносных горизонтов глубокими преобразованиями геохимических свойств подземных вод [7:20], и, безусловно, с различным по интенсивности сезонным техногенным загрязнением, особенно в пределах городской территории. Наиболее резкие сезонные изменения фиксируются для магния, нитратов, аммонийного азота, окисляемости. Потенциальная возможность загрязнения подземных вод в данном районе в значительной степени определяется отмеченной ранее высокой трещиноватостью и закарстованностью горных пород. Несмотря на то, что в целом количество фтора в подземных водах в сумме общей минерализации не превышает 1%, характернейшей их особенностью с гигиенических позиций является именно повышенный уровень этого элемента, причем, если судить по имеющимся разрозненным сообщениям, в процессе эксплуатации водоносных горизонтов прослеживается явная тенденция роста содержаний фтора в подземных и соответственно в питьевых водах.

### 3.2. Особенности распределения фтора в природных водах Мордовии

Наиболее детально особенности распределения фтора в природных водах Мордовии изучены Л.Л. Щегловой [40], работа которой является первой и по сути единственной, посвященной данному вопросу. Так, содержания фтора в речных и прудовых водах республики в среднем изменяются в пределах 0,2-0,8 мг/л. Например, в воде р.Алатырь и р.Мокша они колеблются от 0,2 до 0,4 мг/л, р.Исса - от 0,1 до 0,4, р.Пензятка - от 0,1 до 0,2 мг/л. В зонах влияния промышленных объектов, как отмечает Л.Л. Щеглова, концентрации этого элемента резко возрастают, достигая в

воде р.Инсар ниже г.Саранска 5,8 мг/л, а воде р.Вад ниже завода "Дубитель" 1,6-3,2 мг/л. Каких-либо заметных сезонных колебаний уровня содержания фтора в поверхностных водах автором цитируемой работы не установлено.

В воде родников и колодцев, получающих питание из водоносных горизонтов четвертичных, третичных, меловых, реже юрских отложений, концентрации фтора колеблются в довольно широких пределах (0,1 - 2,0 мг/л). Более высокие уровни, по-видимому, приурочены к водоносным горизонтам нижнего мела (фосфоритовый конгломерат нижнего неосома) и юры (оолитовые мергели среднего келловея, глинисто-мергелистые толщи оксфорда и секвана)-[23]. Повышенными содержаниями фтора (до 2 мг/л) отличаются колодцы Атяшевского, Больше-Березняковского, Дубенского, Инсарского районов, а наиболее низкими - Атюрьевского, Ельниковского, Zubovo-Полянского (юго-западная часть), Темниковского и Теньгушского районов. Средняя концентрация фтора по 923 пробам воды из 898 колодцев республики оценивается Л.Л. Щегловой в 0,46 мг/л.

Подземные артезианские воды по данным Л.Л. Щегловой в пределах Мордовии заметно различаются по уровню содержания фтора (табл.5), средняя концентрация которого (с учетом всех изученных скважин) составляет 1,84 мг/л. Как следует из приводимых в таблице данных, лишь примерно 19% водоисточников республики по уровням содержания фтора соответствуют требуемым кондициям.

Т а б л и ц а 5. Распределение водоисточников Мордовии по уровням содержания фтора

F, мг/л	0,1-0,5	0,6-1,0	1,1-1,5	1,6-2,5	2,6-3,5	3,6-10,0
Доля, %	13,9	18,9	18,9	32,2	9,4	6,7

Примечание: число изученных скважин - 622.

Наиболее богатые фтором воды отличаются сравнительно невысоким содержанием кальция и магния и повышенным концентра-

циями натрия. Уровни фтора в подземных водах, как свидетельствует Л.Л. Щеглова, стабильны в течение различных сезонов. По мере погружения каменноугольных пород под более молодые отложения (как правило, с севера на юг) в подземных водах отмечается увеличение концентраций фтора с 0,2 до 10 мг/л. В этом же направлении, как показано выше, изменяется и химический состав вод ( в сторону увеличения минерализации, хлорности, сульфатности и особенно содержания натрия). В зависимости от содержания фтора в артезианских водах Л.Л. Щеглова объединяет различные районы республики в три группы. Низкие уровни этого компонента (0,5 мг/л) характерны для Атюрьевского, Ельниковского, Краснослободского, Старо-Шайговского, Темниковского, Теньгушевского административных районов. Средние уровни ( в пределах 1,6-4,6 мг/л) фиксируются в Кочкуровском и Рузаевском районах, а также в г.Саранске и его окрестностях. Высокие содержания фтора ( 1,6-10 мг/л) наблюдаются в Zubovo-Полянском, Инсарском, Ковылкинском и Торбеевском районах.

Необходимо отметить, что полученные Л.Л. Щегловой данные в основном основываются на отборе единичной пробы в конкретной скважине или точке опробования. Каких-либо по настоящему длительных режимных наблюдений ее не проводилось. Тем не менее, значительный в статистическом отношении материал, охватывающий практически всю территорию Мордовии, достаточно адекватно отражает реальную гидрогеохимическую ситуацию и важнейшие особенности распределения фтора в природных водах.

Исследования, выполненные нами в 1989-1992 гг., т.е. через 20 лет после работ Л.Л. Щегловой, показали, что в настоящее время на распределение и поведение фтора в природных водах республики существенное влияние оказывает техногенный фактор. Так, воды р.Инсар и его притоков, а также р.Алатырь практически на всем протяжении, по крайней мере в летнюю межень, испытывают сильное влияние Саранско-Рузаевского промышленного узла, что фиксируется повышенными уровнями фтора (табл. 6) и многих других ингредиентов [8]. Обращают на себе внимание чрезвычайно высокие концентрации фтора в воде р.Пензятка, достигающие почти 20 мг/л, тогда как в конце 1960-х гг. они составляли всего лишь 0,1-0,2 мг/л.



Т а б л и ц а 6. Фтор в поверхностных водах окрестностей г.Саранска

Место отбора проб	F, мг/л	Примечание
р.Инсар, выше города	0,64(0,25-1,32)	Влияние г.Рузаевка Дренарует сельскохозяйственный район
р.Левжа, устье	0,36	
р.Инсар, вехняя граница города	1,1(0,41-1,92)	Южная промзона Саранска Поверхностный сток с территории города Саранска
р.Саранка, устье	0,72	
руч.Никитинский, устье	2,3(0,79-3,01)	Северная промзона Саранска
р.Инсар, 0,5 км ниже ручья	1,2(0,61-3,52)	
р.Пензятка, устье	19,86	Ливневой сток электролампового завода
р.Инсар, на участке от устья р.Пензятки до впадения в р.Алатырь	1,16 - 2,74	
р.Алатырь, участок от устья р.Инсар до г.Ардатов	1,38 - 1,68	
р.Нуя, устье	0,88	В верховьях расположен цемзавод

Т а б л и ц а 7. Распределение фтора в воде р.Алатырь (2 км выше г.Ардатов)

Период	Среднее, мг/л	Пределы, мг/л	Вариация, %	Кол-во дней с превышением ПДК, %
Лето, 1991*	0,87	0,22-2,64	86,2	20
Зима, 1992*	0,25	0,16-0,33	54,0	-
Весна, 1992*	0,30	0,25-0,33	13,3	-
Лето, 1991**	0,70	0,22-2,64	118,6	-

\* Период наблюдения - 8 дней подряд в каждый сезон;

\*\* Опробование в пределах одних суток с интервалом отбора проб 3 часа.

Как правило, в летнюю межень отмечается не только более высокая концентрация фтора, но и заметно возрастает неоднородность его распределения, особенно резко выраженная на коротких интервалах времени (табл. 7). Отмеченная неоднородность может быть связана с дискретностью поставки поллютантов техногенными источниками, влиянием залповых сбросов, наблюдаемых в исследуемый период, а также, по-видимому, с различной интенсивностью проявления биогеохимических процессов.

В донных отложениях (техногенных илах) загрязненных участков рек содержания фтора в среднем в 2-4 раза превышают фоновые (кларковые) уровни [8]. Потенциально высокая техногенная нагрузка на водотоки подтверждается резко повышенными содержаниями фтора в осадках городских сточных вод (2400-4200 мг/кг), а также в шламах электролампового завода, где они достигают 90000 мг/кг (использование плавиковой кислоты в стекольном производстве).

Влияние города явно сказывается на распределение фтора в грунтовых водах. В частности, уровни содержания его в воде колодцев, расположенных в пределах и ниже (по течению реки Инсар) города Саранска, отличаются более высокими значениями, нежели в колодцах, находящихся в долине Инсара выше города (табл. 8).

Т а б л и ц а 8. Фтор в грунтовых водах окрестностей г.Саранска

Место расположения колодцев	Сезон	Год	F, мг/л	
Выше города	Лето	1989	0,30 - 0,40	
Территория города	Лето	1989	0,40 - 0,60	
	---/--	Лето	1990	0,50 - 0,70
	---/--	Лето	1991	0,40 - 0,88
	---/--	Осень	1991	0,22 - 1,20
Ниже города	Лето	1989	0,40 - 1,40	

В неглубоких (индивидуальных) скважинах, расположенных в долине р.Инсар ниже г.Саранска, концентрации фтора находились в пределах 0,3-1,8 мг/л, причем более высокие уровни были характерны для скважин, тяготеющих к руслу реки, что может свидетельствовать о возможном влиянии боковой фильтрации загрязненных речных вод. В системах централизованного водоснабжения сельских поселений, расположенных в долине реки Инсар, уровни содержания фтора колебались в пределах 1,6-2,0 мг/л.

### 3.3. Фтор в питьевых водах

Подземные воды, используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения города, характеризуются содержаниями фтора, практически постоянно превышающими ПДК (табл. 9). Поскольку воды отличаются сравнительно высокими концентрациями кальция (50-80 мг/л), то F/Ca отношение очень незначительно и в среднем колеблется в пределах 0,03-0,05, причем, как правило, минимальные значения типичны для летнего периода, а максимальные для осени.

Водозаборы, расположенные в пределах города, закономерно отличаются более высокими концентрациями фтора в водах. При этом на всех водозаборных сооружениях уровни этого компонента, наблюдаемые летом, явно превышают содержания его, фиксируемые в осенний период. Тем не менее, в целом по городу фтор характеризуется довольно однородным распределением в течение исследуемого отрезка времени. Отмеченная особенность наиболее четко проявляется, прежде всего, в осенний период, а также на пригородных водозаборах. Таким образом, чем ближе к центру депрессионной воронки расположен эксплуатируемый водоносный горизонт, тем выше в водах концентрации фтора, а также более значимы их временные колебания.

Если для F/Ca отношения каких-либо территориальных различий практически не фиксируется, то для Na/Ca отношения характерны более высокие значения вне города, чем на "городских" водозаборах (соответственно 1,8-2,2 и 0,8-0,9), что подтверждает отмеченную выше трансформацию химического типа воды в центре депрессионной воронки (табл. 10). Глубокая метаморфиза-

Т а б л и ц а 9. Фтор в подземных (питьевых) водах г.Саранска

Объект, год	Лето			Осень		
	Среднее и его ошибка, мг/л	Коэффициент вариации, %	Пределы, мг/л	Среднее и его ошибка, мг/л	Коэффициент вариации, %	Пределы, мг/л
Водозаборы, 1991 г.						
Руднянский	2,11 ± 0,12	16,5	1,8 - 2,8	1,55 ± 0,05	6,5	1,4 - 1,6
Пенягский	2,14 ± 0,14	18,2	2,0 - 3,1	1,60 ± 0,07	9	1,4 - 1,7
Октябрьский	2,81 ± 0,16	16	2,5 - 3,5	1,83 ± 0,25	27	1,4 - 2,3
Резинотехника	2,64 ± 0,26	28,5	2,0 - 4,2	2,45 ± 0,13	11	2,2 - 2,8
Центральный	2,44 ± 0,24	28	2,0 - 4,0	2,25 ± 0,19	17	2,0 - 2,8
Среднее	2,43 ± 0,09	24	1,8 - 4,2	1,94 ± 0,10	24	1,4 - 2,8
Водопроводная сеть						
Города, 1991 г.	2,06 ± 0,05	24	1,6 - 3,3	2,22 ± 0,07	15	1,4 - 3,0
То же, 1990 г.	2,00 ± 0,12	21,5	1,0 - 2,5	-	-	-
То же, 1989 г.	1,95 ± 0,11	24	0,8 - 2,6	-	-	-

Т а б л и ц а 10. Соотношение между компонентами в подземных водах Саранского месторождения

Водозабор	Сезон	F, мг/л	гMg/гCa	гF/гCa	гNa/гCa	гSO/гCl	гNa/гCl
Руднянский	лето	2,11	1,53	0,05	0,78	1,76	1,38
	осень	1,55	0,68	0,03	0,77	1,55	2,07
Пензятский	лето	2,14	1,22	0,04	0,92	1,40	1,46
	осень	1,60	0,63	0,03	0,87	1,37	1,65
Октябрьский	лето	2,31	1,38	0,04	2,01	0,98	1,18
	осень	1,83	0,80	0,03	1,99	0,85	1,22
Центральный	лето	2,44	1,54	0,03	1,89	0,83	0,97
	осень	2,25	0,71	0,03	1,78	0,73	1,07
Резинотехника	лето	2,64	0,88	0,04	2,22	0,64	0,94
	осень	2,45	0,73	0,04	2,20	0,48	0,99

ция химического состава подземных вод "городских" водозаборов отражается в значениях других гидрохимических коэффициентов.

Сезонные колебания концентраций фтора на различных водозаборах, по-видимому, обусловлены спецификой гидрогеохимического режима подземных вод в условиях их эксплуатации, а также особенностями их динамики и питания. Например, известно, что в осеннее время, как правило, отмечается некоторое повышение уровня подземных вод, чему способствует не только осеннее подпитывание [6], но и определенное восполнение запасов вод за счет снижения водоотбора. С одной стороны, в таких условиях воды вступают в контакт с горными породами, обедненными фтором, с другой стороны, не исключено поступление вод с более низкими его содержаниями. Все это может сопровождаться созданием условий менее благоприятных для водной миграции данного компонента. Например, в летний период в подземных водах фиксируется заметный рост Mg/Ca отношения (см. табл. 10). Хорошо известно, что вследствие различной растворимости фторидов кальция и магния количество фтора в подземных водах, содержащих кальций и магний, увеличивается с ростом величины указанного отношения [20]. Однако, несмотря на то, что в осенний период до 20% проб подземных вод характеризуются концентрациями фтора менее 1,5 мг/л, в среднем концентрации его превышают существующий норматив.

Уровни содержания фтора в подземных водах и в водах городского водопровода в целом довольно близки (соответственно 2,19 и 2,14 мг/л). Тем не менее, во-первых, летом концентрации его в подземных водах выше, нежели в водопроводной воде, тогда как осенью, наоборот, водопроводная вода отличается несколько более высокими уровнями этого компонента. Во-вторых, если в среднем концентрации фтора в подземных водах летом выше, чем осенью, то в водопроводной воде "осенние" содержания явно превышают "летние". Отмеченные явления могут быть связаны с неоднородностью подачи воды в водопроводную сеть от различных водозаборов, с образованием застойных участков в распределительной сети, с возможной подпиткой ее почвенно-грунтовыми водами. Не исключена также вероятность дискретного поступления фтора при растворении различных новообразований, осаждающихся на стенках трубопроводов. В летнее время осуществляется более ак-

тивное хлорирование питьевых вод, что приводит к увеличению содержания хлора, стимулирующего образование на стенках труб коррозионных отложений, способных фиксировать фтор. В литературе имеются указания на физико-химическую деградацию воды в системах водораспределения, во многом связанную с осаждением различных химических веществ, например, оксидов железа, марганца, алюминия, коллоидной серы, алюмосиликатов и более сложных новообразований [26:42].

Указанные явления, по-видимому, в значительной мере и определяют неоднородность распределения фтора в водопроводах различных районов города (табл. 11). Так, в летнее время наи-

Т а б л и ц а 11. Фтор в питьевых водах различных районов г.Саранска, среднее (пределы содержаний), мг/л

Район	Лето	Осень	Среднее
Центр	2,10 (1,6-3,3)	1,95 (1,4-2,5)	2,03 (1,4-3,3)
Заречный	2,50 (2,0-3,3)	2,45 (2,2-2,8)	2,48 (2,0-3,3)
Северный	2,31 (2,0-2,5)	2,10 (2,0-2,2)	2,21 (2,0-2,5)
Светотехника	1,99 (1,6-2,5)	1,90 (1,8-2,1)	1,95 (1,6-2,5)
Октябрьский	1,80 (1,5-2,5)	2,76 (2,0-3,0)	2,28 (1,5-3,0)
Юго-восточный (парковый)	1,73 (1,6-2,0)	2,17 (1,8-2,5)	1,95 (1,6-2,5)
Город в целом	2,06 (1,6-3,3)	2,22 (1,4-3,0)	2,14 (1,4-3,3)
Пос.Николаевка	1,80 (1,7-2,0)	1,90 (1,8-2,1)	1,85 (1,7-2,1)

более высокие концентрации его характерны для Центра, Заречного и Северного микрорайонов, более низкие - для районов Светотехника, Октябрьский и Юго-восточный. Показательно, что последние три района отличаются и заметно меньшим размахом (вариабельностью) его содержаний в водопроводной воде. В среднем в указанный период концентрации фтора в питьевых водах города явно превышают его содержания в водопроводной воде пос.Николаевка. В осеннее время заметное увеличение средних параметров распределения фтора в питьевых водах города обусловлено главным образом ростом концентраций его в водопроводах Октябрьско-

го и Юго-восточного районов, тогда как в Центре и Заречном районе они практически не изменились. Микрорайон Северный отличается достаточно значимым уровнем понижением фтора в питьевых водах. Несмотря на некоторое увеличение, уровни фтора в питьевых водах пос.Николаевка по-прежнему ниже среднегородских.

По осредненным за изученные периоды данным практически во всех районах города наблюдаются содержания фтора, превышающие 2 мг/л. При этом максимальные уровни (2,48 мг/л) характерны для микрорайона Заречный, что, видимо, вполне закономерно, поскольку именно здесь расположен водозабор Резинотехника, отличающийся стабильно высокими концентрациями фтора в подземных водах.

Анализ частоты встречаемости проб воды с различными содержаниями фтора показывает, что в среднем около 95% их количества характеризуется концентрациями, превышающими 1,5 мг/л, т.е. верхний уровень ПДК (табл. 12). Наиболее типичные уровни наблюдаются в интервале содержаний от 2 до 3 мг/л. Обращает на себя внимание факт более частого появления высоких (> 3 мг/л) концентраций фтора в питьевых водах в 1991 г. по сравнению с предыдущими годами. В целом же результаты опробования питьевых вод из водопроводной сети города в 1989-1991 гг. свидетельствуют о явной тенденции увеличения в них концентраций фтора. Естественно, что для надежного установления данного факта необходимы более детальные исследования с привлечением статистически обоснованных данных прошлых лет. Тем не менее, основываясь на известных в литературе примерах, можно предположить дальнейшее увеличение концентраций фтора в питьевых водах города. В первую очередь это может быть связано с уже видимой тенденцией трансформации химического состава подземных вод пригородных водозаборов и с еще более глубоким преобразованием геохимического облика их в центре депрессионной воронки.

Таким образом, подземные (питьевые) воды города Саранска представляют собой своеобразную разновидность фтороносных вод, отличающихся повышенными содержаниями кальция, сдерживающего их флюорозоактивность, и специфическим геохимическим обликом (гидрокарбонатно-магнезио-кальциевые за пределами города и хлоридно-натриевые в центре депрессионной воронки).

Т а б л и ц а 12. Частота встречаемости проб питьевых вод с различным содержанием фтора, %

Объект	Интервалы содержания, мг/л				Кол-во проб
	<1,5	>1,5-<2	>2-<3	>3	
Водозаборы, лето	-	7,5	77,5	15	40
Водозаборы, осень	20	30	50	-	40
Водозаборы, общее	7	15	68	10	80
Водопровод, лето	3	39	53	5	100
Водопровод, осень	8	24	56	12	45
Водопровод, общее	4	36	54	6	145
Общая выборка	4,8	29,2	58,4	7,6	225
Водопровод, 1990 г.	8	25	67	-	22
Водопровод, 1989 г.	15	20	65	-	30

Примечание: Данные по России в целом свидетельствуют, что доля артезианских водоисточников с содержанием фтора более 2 мг/л составляет 12%, с содержанием от 1,5 до 2,0 мг/л - 4%, от 1,0 до 2,5 мг/л - 5%, от 0,5 до 1,0 мг/л - 11%, а с содержанием менее 0,5 мг/л - 68%. Среди поверхностных и колодезных водоисточников соответственно 97 и 89% характеризуются содержаниями фтора менее 0,5 мг/л и только лишь около 1% отличаются концентрациями этого элемента более 1,5 мг/л.

В свое время Л.Л. Щеглова [40], основываясь на данных геохимических и эпидемиологических исследований, пришла к обоснованному выводу, что в пределах Мордовии сформировалась биогеохимическая провинция, обусловленная повышенными содержаниями фтора в природных, главным образом, подземных водах. Автор цитируемой работы отмечает, что поскольку концентрации фтора в водах весьма разнообразны, а водоисточники с повышенными уровнями его мозаично разбросаны по всей территории республики, то эндемии флюороза, приуроченные к этим источникам, носят очаговый характер и отличаются большой пестротой в отношении тяжести поражения. Следует отметить, что в большинстве случаев указанные очаги эндемии формируются при использовании для хозяйственно-питьевых целей глубокозалегающих подземных вод, которые в геохимическом отношении не типичны для природных ландшафтов региона (для поверхностных геосфер). К тому же в ряде районов прогрессирующий рост концентраций фтора в эксплуатируемых подземных водах напрямую связан с активным водоотбором, меняющим гидрогеохимические условия и способствующим более активной миграции фтора. Поэтому можно утверждать, что в пределах Мордовии формируется специфическая природно-техногенная биогеохимическая провинция, с которой связаны эндемии флюороза.

#### 4.1. Общая оценка ситуации

По данным Л.Л. Щегловой [40], на территории Мордовии у сельскохозяйственных животных достаточно широко распространен флюороз постоянных зубов. В среднем у 52% животных фиксировался флюороз I степени, у 38,6% - II степени и у 9,4% - III степени. Поражение зубов отмечалось при употреблении воды с содержаниями фтора от 1,6 мг/л.

Эпидемиологические исследования автора цитируемой работы, основанные на обследовании 18220 детей в возрасте от 5 до 18 лет, проживающих в различных районах республики, показали, что 26,8% из них поражены флюорозом зубов, который регистрируется

при употреблении воды с концентрациями фтора от 1,0 до 7,6 мг/л. В населенных пунктах с содержаниями его в питьевых водах на уровне 0,8 мг/л флюороз не отмечался. Было установлено, что с увеличением содержания фтора в питьевых водах доля детей, пораженных данным заболеванием заметно возрастала (табл. 13).

У большинства больных детей фиксировался флюороз I степени, хотя в отдельных районах наблюдался флюороз III (первые %) и IV (до 1%) степени. Как правило, флюороз II и III степени фиксировался при концентрациях фтора от 1,6 мг/л и выше, а IV степени - с 2,4 мг/л. Наиболее чаще флюорозом поражались зубы детей в возрасте 7-10 лет (55,7% от числа пораженных). В районах с содержанием фтора в питьевых водах 2,4-7,6 мг/л флюороз зубов встречался и у детей 5-6 лет, что свидетельствует о поражении молочных зубов. В большинстве случаев возникновение флюороза связано с употреблением подземных (артезианских) вод. Тем не менее, он фиксировался и в районах с повышенным содержанием фтора в грунтовых (колодезных) водах. Например, высокие концентрации этого элемента в грунтовых водах обусловили развитие в с.Паракино Больше-Березняковского района ярко выраженного очага эндемии флюороза зубов.

#### 4.2. Фтор в биосубстратах детей

Особенности биоконцентрирования фтора в условиях г.Саранска исследовались на сопряженных выборках детей 5-6 лет (смешанный прикус зубов), посещающих ДДУ, расположенные в различных районах города. Как было показано ранее [8], указанные районы заметно различаются средовыми и социально-бытовыми ус-

Таблица 13. Частота поражаемости детей флюорозом зубов в зависимости от содержания F в воде

F, мг/л	Поражаемость, %
0,8	-
до 1,2	2,6
1,6-1,8	14
2,4	52
3,2	62
4,4	73,6
7,6	93

ловиями. Результаты исследований свидетельствуют о том, что дети уже в раннем возрасте испытывают явно повышенную фторовую нагрузку.

В целом по городу содержания фтора в моче более чем у 80% детей превышают нормальный уровень, у 72% - физиологический уровень и у 27% - допустимый уровень (табл. 14). У нескольких обследованных детей отмечено даже превышение критического уровня. В пос. Николаевка превышение нормального уровня фтора в моче зафиксировано только у 44% детей, физиологического уровня у 29%, а допустимого лишь у 3%. По особенностям концентрирования и интенсивности превышения нормативных уровней фтора в моче достаточно четко выделяются три группы городских районов.

Максимальные содержания типичны для Центра и Заречного района, где соответственно у 93 и 79% детей наблюдается превышение физиологического уровня, а у более половины детей - допустимые значения. Именно в этих районах города отмечены содержания фтора, достигающие и даже превышающие критические концентрации. Как показано выше, в летнее время концентрации фтора в пробах питьевой воды, отобранных в данных городских районах, в среднем превышали 2 мг/л. Необходимо отметить, что Центр города является одним из наиболее загрязненных с экологических позиций районов Саранска, а в Заречном микрорайоне несомненно следует ожидать воздействие "атмосферного" фтора, связанного с заводом резинотехнических изделий.

Вторую группу составляют районы Северный и Октябрьский, где уровни фтора в моче у 14-16% детей превышают допустимый, а у 64 и 52% (соответственно) физиологический уровень. Эти районы города отличаются достаточно высокими, особенно Северный, содержаниями фтора в питьевой воде. К тому же, микрорайон Северный испытывает явное влияние техногенных источников загрязнения, а микрорайон Октябрьский характеризуется неблагоприятными социально-бытовыми условиями [8]. Как будет показано ниже, в Северном районе наблюдались наиболее высокие концентрации фтора в волосах проживающих здесь детей.

Наименьшая интенсивность биоконцентрирования фтора в моче характерна для микрорайона Светотехника, отличающегося, с одной стороны, несколько меньшим уровнем фтора в питьевой воде,

Т а б л и ц а 14. Фтор в моче детей г.Саранска

Район	Кол-во проб	F, мг/л, среднее (пределы)	Превышение уровней, %		
			Нормального	Физиологического	Критического
Центр	30	2,21 (1,26-4,1)	97	93	50
Заречный	24	2,17 (1,12-3,72)	92	79	54
Северный	28	1,57 (0,72-2,30)	68	64	14
Светотехника	31	1,46 (0,98-2,32)	65	52	6
Октябрьский	25	1,67 (1,00-2,40)	80	72	16
Среднее	138	1,82 (0,98-4,10)	80	72	27
п.Николаевка	34	1,30 (0,60-2,40)	44	29	3

а с другой стороны, более однородным сезонным его распределением (см. табл. 11).

Самые низкие уровни фтора в моче и наименьшая интенсивность биоконцентрирования фиксируется у детей условно-контрольной выборки, проживающих в пос. Николаевка, где соответственно только у 44%, 29 и 3% детей содержания этого элемента превышали нормальный, физиологический и допустимый предел концентрации. По ориентировочным подсчетам суточное поступление фтора в организм детей поселка может быть в 1,5-2 раза меньше, нежели у городских детей из-за нескольких пониженных концентраций фтора в артезианских водах, а главное, видимо, из-за использования грунтовых вод. Кроме того, следует помнить, что общая экологическая ситуация в поселке заметно более благоприятная в сравнении с городом. Априори предполагается, что дети поселка употребляют в пищу большее количество свежих овощей и т.п., богатых витамином С, кальцием, нивелирующих негативное влияние фтора.

Поскольку в среднем уровни фтора в питьевых водах, стабильно превышая ПДК, отличаются незначительными площадными (в масштабах города) вариациями, поэтому, видимо, и не наблюдается резких (принципиальных) различий в особенностях биоконцентрирования данного элемента в разных районах Саранска, хотя, как было показано выше, специфичность последних в интенсивности концентрирования его в моче детей все же прослеживается. В частности, фиксируется явная тенденция появления наиболее высоких содержаний фтора в моче (и соответственно более частое превышение нормативных уровней) именно в тех районах города, где в питьевых водах наблюдается появление экстремальных концентраций этого элемента (до 3,3 мг/л - в Центре и Заречном районе). Это, в свою очередь, может быть обусловлено большим "питанием" водопроводной сети указанных районов за счет поступления воды с водозаборов "Центральный" и "Резинотехника", отличающихся стабильно высокими уровнями фтора в подземных водах (см. табл. 9).

Анализ данных по особенностям биоконцентрирования фтора в волосах детей тех же районов показывает (табл. 15), что в среднем по городу его содержания у 42% детей превышают условно-фоновый уровень, а у 7% условно-допустимый уровень. В общем

случае фиксируется определенная общность в распределении фтора в волосах и в моче в зависимости от района города. Так, максимальные концентрации его в волосах отмечены у детей, проживающих в районе Северный, где у 80% из них наблюдается превышение условно-физиологического, а у 23% - условно-допустимого уровня. Остальные районы города по среднему концентрированию фтора в волосах мало различаются. Однако, по характеру (интенсивности) превышения условных нормативов фиксируется примерно такая же ситуация, как и в случае с распределением фтора в моче. В частности, довольно близки (по относительной доле детей, в волосах которых фтор превышает фоновый уровень) микрорайоны Заречный и Центр; далее следуют район Октябрьский, где у 23% детей наблюдается превышение условно-фоновый уровень и у 18% условно-допустимого уровня, а также микрорайон Светотехника (у 24% детей фиксируется превышение условно-фоновый уровень). Минимальными параметрами биоконцентрирования фтора отличается пос. Николаевка.

Т а б л и ц а 15. Фтор в волосах детей г.Саранска

Район	Кол-во проб	Содержание, среднее(предель), мкг/г	Превышение условных уровней, %	
			фоновый, 72 мкг/г	критического, 150 мкг/г
Центр	28	59,6 (10-180)	39	-
Заречный	28	68,2 (10-200)	43	4
Северный	30	105,3 (10-260)	80	23
Светотехника	22	60,0 (20-90)	24	-
Октябрьский	30	59,0 (10-220)	23	7
Город в целом	138	70,4 (10-260)	42	7
п.Николаевка	22	48,6 (20-100)	18	-

Следует отметить, что оценка средних значений фтора, концентрирующегося в биосубстратах детей различных районов, с помощью критерия Стьюдента выявила достоверное отличие (превышение) "аномальных выборок" (городские районы) от "условно-контрольной выборки" (поселок Николаевка).

Таким образом, дети, проживающие в городе Саранске, испытывают повышенную фторовую нагрузку на организм, обусловленную главным образом присутствием этого элемента в питьевых водах. Гиперфтороз находит свое выражение в специфическом поражении зубов, в том числе молочного прикуса, флюорозом, что подтверждается приводимым ниже материалом.

#### 4.3. Флюороз и кариес зубов у детей дошкольного возраста

Результаты специализированного осмотра выбранного контингента детей дошкольного (5-6 лет) возраста, отличающихся смешанным прикусом зубов, свидетельствуют (табл. 16), что заболеваемость городских детей кариесом зубов в среднем составляет 55,3%, причем в отдельных районах города этот показатель изменяется от 46,6% (Центр) до 63,3% (микрорайон Северный). В пос. Николаевка (условный контроль) заболеваемость кариесом отмечена у 73,3% детей. Статистическое сравнение (коэффициент Стьюдента) различных выборок выявило достоверное увеличение (превышение) поражения кариесом зубов детей поселка в сравнении с детьми, проживающими в городе (в среднем), и особенно в сравнении с районами Октябрьский, Светотехника и Центром. Таким образом, несомненно, что более высокое потребление фтора детьми города играет известную антикариозную роль, что проявляется в более низкой доле детей, пораженных этим заболеванием.

В то же время, именно повышенное потребление фтора определяет тот факт, что у городских детей фиксируется флюорозное поражение молочных и постоянных зубов, тогда как у детей, проживающих в поселке Николаевка, указанное заболевание не обнаружено. При обследовании детей г.Саранска наблюдаемая картина поражения зубов флюорозом морфологически выглядит следующим образом: зубы отличаются некоторой белесоватостью фона эмали, рисунок пятен на эмали характеризуется многоформностью - от мелких, как правило, беловатого цвета пятнышек до множественных, часто сливающихся между собой и покрывающих с вестибулярной стороны коронку зуба. В ряде случаев фиксируется такая форма поражения, при которой зубы имеют неживой вид (дистрофия



эмали); эмаль изъедена мелкими точками и полосами. На таких зубах обнаруживаются пятна коричневатого цвета, расположенные в области шейки и жевательной поверхности зубов, отличающихся симметричностью поражения, характерного чаще всего для резцов.

Т а б л и ц а 16. Распространенность и степень поражения флюорозом и кариесом детей г.Саранска

Район	% детей с признаками пятнистости эмали				Кариес зубов, %
	Всего	I степени	II степени	III степени	
Центр	8,3	1,6	1,6	3,3	46,6
Заречный	21,6	18,3	3,3	-	65,0
Северный	21,6	18,3	3,3	-	63,3
Светотехника	3,3	1,6	1,6	-	53,3
Октябрьский	3,3	-	1,6	1,6	48,3
Город в целом	11,7	7,9	2,3	1,0	55,3
п.Николаевка	-	-	-	-	73,3

В целом по городу флюороз зубов фиксируется у 11,7% детей, причем у 7,9% наблюдается развитие флюороза I степени, у 2,3% - II степени, у примерно 1% - III степени. Интенсивность проявления этого заболевания в различных районах города в определенной степени отражает особенности концентрирования фтора в биосубстратах детей, а также уровень его содержания в питьевой воде. Наиболее интенсивное проявление флюороза установлено для микрорайонов Заречный и Северный (21,6%), где отмечено и наиболее сильное концентрирование фтора в моче и волосах детей. В центральных частях города флюороз фиксируется у 8,3% детей, однако именно здесь у 3,3% из них наблюдалось поражение зубов флюорозом III степени. Наименьшая интенсивность флюорозного поражения зубов характерна для детей районов Светотехника и Октябрьский, где, кстати, отмечались и наименее низкие уровни фтора в биосубстратах. Указанные районы города отличаются

также и меньшими концентрациями фтора в питьевой воде летом (Октябрьский) и в целом за изученные периоды (Светотехника). В то же время, более высокие зимние уровни фтора в воде в районе Октябрьский возможно находят свое отражение в том, что именно здесь встречаются флюорозные поражения зубов II и III степени.

Таким образом, приводимый материал свидетельствует о негативном влиянии повышенных доз фтора на здоровье детей изученной возрастной группы. Можно предположить, что у детей более старших возрастных групп интенсивность проявления флюороза будет более сильной. Действительно, по данным сотрудников Казанского мединститута (А.Ю. Зайденштейн и др.) у 72,1% обследованных учащихся города Саранска был обнаружен флюороз зубов. Как хорошо известно, дети особенно чувствительны к избытку фтора. Так, у 7-15 летних замедляется рост, у 13-15-летних задерживается половое развитие. Токсическое действие фтора может быть более выраженным из-за неблагоприятных социально-бытовых и экологических условий, характерных для г.Саранска. Например, сопоставление характера накопления в биосубстратах детей фтора и ряда тяжелых металлов с интенсивность проявления флюороза в разных районах города показывает, что районы города, где в волосах детей фиксируются более высокие концентрации кадмия, а в моче ртути отличаются и более сильным проявлением флюороза зубов (Центр, Заречный, Октябрьский).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения города Саранска используются подземные воды верхне- и средне-карбонатных отложений Мордовского артезианского бассейна. Водоносные комплексы указанных отложений находятся в зоне активного водообмена и представляют собой типичные трещинно-пластовые и трещинно-карстовые воды. Производительность водоносных горизонтов обусловлена степенью разрушенности водовмещающих пород и характеризуется значениями удельного дебита скважин от десятых долей до нескольких литров в секунду. Важнейшей гидрогеологической особенностью данного района является сильная трещиноватость и закарстованность карбонатных пород, что определяет условия интенсивного питания водоносных горизонтов и активную гидравлическую связь подземных и поверхностных вод.

Химический состав подземных вод центральной части Мордовского бассейна довольно неоднороден в пространстве. По данным прошлых лет для вод каменноугольных отложений характерны преимущественно гидрокарбонатный кальциевый состав и минерализация в пределах 400–800 мг/л. В связи с интенсивной эксплуатацией карбонатных вод и загрязнением верхних водоносных горизонтов гидрогеологический режим и химический состав их заметно изменился. Наблюдается сильное снижение уровня подземных вод и формирование депрессионной воронки с центром в г.Саранске. Срезка уровня подземных вод составляет не менее 70–80 м, а скважины достигли водоносных горизонтов с повышенной минерализацией и высоким содержанием фтора. Химический состав наиболее долго эксплуатируемых вод трансформировался из гидрокарбонатного кальциевого в хлоридный натриевый. Несмотря на то, что в целом количество фтора в сумме общей минерализации не превышает 1%, характернейшей особенностью подземных вод является повышенное содержание этого элемента, причем, если судить по имеющимся разрозненным сообщениям, в процессе эксплуатации водоносных горизонтов прослеживается тенденция роста содержания фтора в подземных и соответственно питьевых водах.

Выполненный комплекс специализированных исследований свидетельствует о том, что питьевые воды города, отличающиеся специфическим химическим составом и повышенными концентрациями

фтора, являются одним из важнейших негативных факторов воздействия окружающей среды на здоровье городских жителей (табл. 17).

В целом подземные воды, используемые для водоснабжения города Саранска, характеризуются содержаниями фтора, практически постоянно превышающими существующую ПДК и изменяющихся в пределах 1,4–4,2 мг/л. Водозаборы, расположенные в пределах города, т.е. в центре депрессионной воронки, и характеризующиеся наиболее резкой трансформацией общего состава, закономерно отличаются более высокими уровнями фтора в водах. Сезонные колебания концентраций этого элемента на различных водозаборах обусловлены спецификой гидрогеохимического режима подземных вод в условиях их эксплуатации, а также особенностями их динамики и питания и во многом контролируются Mg/Ca соотношением: количество фтора увеличивается с ростом величины указанного отношения.

Высокие содержания фтора в подземных водах определяют его повышенные уровни в водах городской водопроводной сети, где концентрации этого компонента изменяются от 1,4 до 3,3 мг/л, причем максимальными уровнями отличаются водопроводы Заречного и Октябрьского микрорайонов ( в среднем 2,48 и 2,28 мг/л за исследуемые периоды). По осредненным данным практически во всех районах города наблюдаются содержания фтора, превышающие 2 мг/л. Анализ частоты встречаемости проб воды с различными содержаниями фтора показал, что в среднем около 95% их количества характеризуется концентрациями данного ингредиента, превышающими 1,5 мг/л, т.е. верхний уровень ПДК. Наиболее типичные уровни наблюдаются в интервале от 2 до 3 мг/л. Полученные данные позволяют рассматривать подземные (питьевые) воды города как своеобразную разновидность фтороносных вод, отличающихся повышенными содержаниями кальция, в определенной степени сдерживающего их флюорозоактивность, и специфическим геохимическим обликом (  $\text{HCO-Mg-Ca}$  за пределами города и  $\text{Cl-Na}$  в центре депрессионной воронки).

Высокие содержания фтора в питьевых водах обуславливают повышенную фторовую нагрузку на жителей города. В первую очередь гиперфтороз находит свое выражение в специфическом поражении зубов, в том числе у детей 5–6 лет, а также в интенсивном

Т а б л и ц а 17. Обобщенная характеристика параметров распределения фтора в объектах городской среды и интенсивности проявления флюороза и кариеса зубов

Район	Питьевая вода, мг/л		Моча, мг/л	Волосы, мкг/г	Превышение уровней, % детей		Флюороз, % пора- жения	Кариес, % пора- жения					
	Лето	Осень			Моча	Волосы							
	Среднее		Фон		Физ	Доп	Крит	Доп					
Центр	2,0	1,95	2,03	2,21	59,6	97	93	50	3	39	-	9,3	46,6
Заречный	2,50	2,45	2,48	2,17	68,2	92	79	54	-	43	4	21,6	65
Северный	2,31	2,10	2,21	1,57	105,3	68	64	14	-	80	23	21,6	63,3
Светотехника	1,99	1,90	1,95	1,46	60,0	65	52	6	-	24	-	3,3	53,3
Октябрьский	1,80	2,76	2,28	1,67	59,0	80	72	16	-	23	7	3,3	48,3
Город в целом	2,06	2,22	2,14	1,82	70,4	80	72	27	0,6	42	7	11,7	55,3
п. Николаевка	1,80	1,90	1,85	1,30	48,6	44	29	3	-	18	-	-	73,3

Примечание: "фон" - нормальный уровень; "Физ" - физиологический; "Доп" - допустимый; "Крит" - критический.

накоплении фтора в биосубстратах (моча и волосы). В целом по городу содержания фтора в моче более чем у 80% детей превышают нормальный уровень, у 72% фиксируется превышение физиологического уровня и у 27% допустимого уровня. У некоторых обследованных детей наблюдалось превышение критического уровня. Максимальные уровни фтора в моче характерны в первую очередь для Центра и Заречного района, где у более половины обследованных детей отмечается превышение допустимого уровня. Анализ данных по особенностям биоконцентрирования фтора в волосах детей показал, что в среднем по городу его содержания у 42% обследованных детей превышают условно-фоновый уровень, а у 7% детей условно-допустимый уровень.

Результаты специализированного осмотра выбранного контингента детей 5-6-летнего возраста, посещающих детские дошкольные учреждения, показали, что заболеваемость городских детей кариесом зубов в среднем составляет 55,3%, причем в отдельных районах города этот показатель изменяется от 46,6% (Центр) до 63,3% (Северный). В поселке Николаевка (условный контроль), где предположительно фторовая нагрузка примерно в 1,5-2 раза ниже, заболеваемость детей кариесом зубов отмечена у 73,3% детей. Повышенная фторовая нагрузка на городских детей обуславливает у них развитие стоматологических форм гиперфтороза, тогда как у детей пос. Николаевка указанных заболеваний не обнаружено. В среднем по городу у 11,7% обследованных детей отмечен флюороз постоянных и молочных зубов, причем у 2,3% - II степени, а у примерно 1% - III степени. Интенсивность проявления этого заболевания в различных районах города в определенной степени отражает особенности концентрирования фтора в биосубстратах, уровни его содержания в питьевых водах и, по-видимому, характер экологического состояния городской среды, а также зависит от социально-бытовых факторов. Наиболее интенсивное проявление флюороза зубов установлено у детей, проживающих в Заречном и Северном микрорайонах города (21,6%). В центральных частях города флюороз фиксировался у 8,3% обследованных детей, однако именно здесь у 3,3% из них наблюдалось поражение зубов флюорозом III степени. Наименьшая интенсивность флюорозного поражения зубов характерна для детей, проживающих в микрорайонах Светотехника и Октябрьский. Имеющиеся

данные свидетельствуют о том, что у детей более старшего возраста интенсивность проявления флюороза достигает 72,1%.

Таким образом, дети, проживающие в городе Саранске, уже в самом раннем возрасте испытывают повышенную фторовую нагрузку, обусловленную главным образом присутствием повышенных количеств этого элемента в питьевых водах. Гиперфтороз находит свое выражение в поражении зубов, в том числе молочного прикуса, флюорозом. Имеющиеся данные позволяют утверждать, что в пределах Мордовии формируется специфическая природно-техногенная фторовая биогеохимическая провинция, с которой связаны очаговые эндемии флюороза. В этой связи, во-первых, необходима разработка специализированной программы превентивных мероприятий, направленных на снижение и/или ликвидацию негативных воздействия водного фтора, во-вторых, необходимо продолжить исследования биогеохимической роли и гигиенического значения фтора в условиях города Саранска, в-третьих, необходимы разработка и осуществление комплексной программы по изучению распределения фтора в подземных (питьевых) водах и оценки его гигиенического значения для территории всей Мордовии.

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология.- М: Медицина, 1991.- 496 с.
2. Арутюнов В.Д., Бабель И.В., Белякова Т.М., Жаворонков А.А. Флюороз как биогеохимическая эндемия, связанная с избыточным содержанием фтора в природных водах // Микроэлементы в ландшафтах Советского Союза.-М.: Изд-во МГУ, 1969, с.194-203.
3. Афанасьев Т.П. Подземные воды Среднего Поволжья и Прикамья и их гидрохимическая зональность.- М.: Изд-во АН СССР, 1956.- 262 с.
4. Афанасьев Т.П., Макаренко Ф.А. Геохимическая зональность подземных вод Русской платформы // Изв. АН СССР, сер. геол., 1971, N 1, с. 121-133.
5. Богданов Н.А., Гембицкий Е.В. Производственный флюороз.- М.: Медицина, 1975.- 95 с.
6. Богомоллов Г.В. Гидрогеология с основами инженерной геологии.- М.: Высш. школа, 1975.- 319 с.
7. Бочеввер Ф.М., Ковалева И.В. Эксплуатационный режим подземных вод в Московском артезианском бассейне // Проблемы гидрогеологии и инженерной геологии.- Минск: Наука и техника, 1978, с. 119-129.
8. Буренков Э.К., Янин Е.П., Кижаккин С.А. и др. Эколого-геохимическая оценка состояния окружающей среды г.Саранска.- М.: ИМГРЭ, 1992.- 115 с.
9. Виноградов А.П. Биогеохимические провинции // Тр. юбилейной сессии, посвященной столетию со дня рождения В.В. Докучаева.- М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949, с. 59-81.
10. Ворошилов Ю.И. Геохимия фтора в водах карбона Московского артезианского бассейна.-М.: Недра, 1972.- 96 с.
11. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V-VIII групп: Справ. изд.- Л.: Химия, 1989.- 592 с.
12. Габович Р.Д. Фтор и его гигиеническое значение.- М.: Медицина, 1957.- 360 с.
13. Габович Р.Д., Овруцкий Г.Д. Фтор в стоматологии и гигиене.- Казань: Изд-во Казанск. мед. ин-та, 1969.- 512 с.

14. Гавич И.К., Ковалевский В.С., Язвин Л.С. и др. Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика. - Новосибирск: Наука, 1983.- 241 с.
15. Гидрогеология СССР. Поволжье и Прикамье. Том XIII. Часть 1.- М.: Недра, 1970.- 800 с.
16. Жаворонков А.А. Патологическая анатомия, географическая патология и некоторые вопросы патогенеза эндемического флюороза: Автореф. дис....док. мед. наук.- М., 1977.- 43 с.
17. Каминский Г.Н., Толстихина М.М., Толстихин Н.И. Гидрогеология СССР.- М.: Гостеолтехиздат, 1959.- 366 с.
18. Колесник Н.Н., Неверова А.А., Зорина В.З. Изучение содержания фтора в чае // Гигиена и санитария, 1977, N 6, с. 100-101.
19. Крайнов С.Р., Петрова Н.Г. Фтороносные подземные воды ( в связи с проблемами водоснабжения) // Советская геология, 1976, N 9, с. 113-120.
20. Крайнов С.Р., Швец В.М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения.- М.: Недра, 1987.- 237 с.
21. Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрогеохимия. - М.: Недра, 1992.- 463 с.
22. Кудрявцева Н.А. Некоторые закономерности в распространении минерализованных вод на Окско-Цнинском вале //Вопросы геохимии подземных вод.- М.: ВСЕГИНГЕО, 1969, с. 109-127.
23. Ланге О.К. Подземные воды СССР. Часть 1. Подземные воды Европейской части СССР.- М.: Изд-во МГУ, 1953.- 270 с.
24. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3-х т.:Пер. с англ.- М.: Мир, 1985.- 1056 с.
25. Москалев Ю.И. Минеральный обмен.- М.: Медицина, 1985.- 288 с.
26. Николадзе Г.И. Водоснабжение.- М.: Стройиздат, 1979.- 238 с.
27. Опополь Н.И., Окопная Н.Т., Ропот В.М. и др. Снижение токсического действия фтора на теплокровных животных путем изменения химического состава воды // Гигиена и санитария, 1989, N 6, с. 69-71.
28. Панкратова Г.П. Фтористый натрий.- М.: Центр международных проектов, 1983.- 54 с.
29. Погребняк И.Ф. Подземные воды Нечерноземной зоны Среднего Поволжья и проблемы их использования // Новые данные по геологии и гидрогеологии Нечерноземной зоны Поволжья.- М.: Геол. фонд РСФСР, 1980, с. 110-120.
30. Руководство по контролю качества питьевой воды. Т. 2. Гигиенические критерии и другая релевантная информация.- Женева-Москва: ВОЗ-Медицина, 1987.- 325 с.
31. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши.- Л.: Гидрометеоздат, 1977.- 541 с.
32. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды.- М.: Недра, 1990.- 335 с.
33. Саэт Ю.Е., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке состояния поверхностных вод.- М.: Изд. ИМГРЭ, 1985.- 48 с.
34. Скрининговые методы для выявления группы повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами. Методические рекомендации.- М.: Изд. МОНИКИ, 1989.- 23 с.
35. Скурихин И.М., Нечаева А.П. Все о пище с точки зрения химика: Справ. издание.- М.: Высш. школа, 1991.- 288 с.
36. Фтор и фториды: Пер. с англ.- Женева-Москва: ВОЗ-Медицина, 1989.- 114 с.
37. Фтор. Проблемы экологии, биологии, медицины, гигиены: Мат. наук.-практ. конф., Полтава, 4-5 czerwca, 1993.- Полтава, 1993.- 123 с.
38. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2.- М.: Агропроиздат, 1987.- 360 с.
39. Шишков Ю.Ф. Возможность использования искусственного восполнения запасов подземных вод на территории Среднего Поволжья // Новые данные по геологии и гидрогеологии Нечерноземной зоны Поволжья.- М.: Геол. фонд РСФСР, 1980, с. 124-129.
40. Щеглова Л.Л. Фтор в природных водах Мордовии и его гигиеническое значение: Автореф. дис....канд. с.-х. наук.- Уфа, 1970.- 23 с.
41. Madison R., Brunett J. Overview of the occurrence of nitrate in ground water of the United States // U.S. Geol. Surv. Water-Supply Paper, 1984, N 2275, p. 93-105.
42. Montiel A., Rigal S., Mouchet P. Degradations physico-chimiques de l'eau dans reseaux de distribution // Techn.,sci., math.,1992, N 6, p. 299-306.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение.....	3
1. Краткая характеристика района работ и общие принципы исследований.....	5
2. Биологическая роль фтора.....	9
3. Фтор в природных и питьевых водах .....	21
3.1. Условия и особенности водоснабжения г.Саранска.....	21
3.2. Особенности распределения фтора в природных водах....	29
3.3. Фтор в питьевых водах.....	34
4. Влияние фтора на состояние здоровья детей.....	41
4.1. Общая оценка ситуации.....	41
4.2. Фтор в биосубстратах детей.....	42
4.3. Флюороз и кариес зубов у детей дошкольного возраста..	47
Заключение.....	50
Литература.....	55

Янин Евгений Петрович  
Фтор в питьевых водах города Саранска и его  
гигиеническое значение

Утверждено к печати Институтом минералогии,  
геохимии и кристаллохимии редких элементов

Редактор: Т.И. Нефелова  
Подписано к печати 22 апреля 1996 г.  
формат 60x90 1/16. Уч.-изд.л. 3,6.  
Тираж 200. Заказ 5-96.  
Ротапринт ИМГРЭ