

УДК 504.75.05.

## ФТОР В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ОКСКО-ДОНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Аничкина Н.В.

*Липецкий государственный педагогический университет, Липецк,  
e-mail: nina-viktorowna@mail.ru*

Проведено исследование содержания фтора в природных водах Окско-Донской низменности. Анализ атмосферных осадков, выявил, содержание фтора 0,05-0,20 мг/л. Зафиксированы повышенные концентрации фтора в осадках, собранных в пределах техногенных комплексов и в образцах кумулятивного снега, отобранного вдоль автомобильных дорог при удалении от них на 20-140 метров. Содержание фтора в речных водах невысокое, но отмечено повышение его концентрации до 1 мг/л в районе сбросов с очистных сооружений. Соотношение между выносом и поступлением фтора на исследуемой территории 0,7-0,8, что свидетельствует о преимущественном закреплении фтора твердофазными компонентами ландшафта. Изучены взаимосвязи между химическим составом природных вод и здоровьем населения, исследована связь частоты 36 заболеваний с содержанием фтора во внешней среде.

**Ключевые слова:** природные воды, фтор, заболеваемость населения, линейная корреляция, нелинейная корреляция, ландшафты.

## FLUORIDE IN NATURAL WATERS OF THE OKA-DON LOWLAND AND ITS IMPACT ON PUBLIC HEALTH

Anichkina N.V.

*Lipetsk State Pedagogical University, Lipetsk, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru*

A study of the fluorine content in the natural waters of the Oka-Don lowland was held. Analysis of precipitation revealed a fluorine content of 0.05-0.20 mg / L. A high concentration of fluoride was determined in the precipitation in industrial systems and samples of cumulative snow along the roads up to 20-140 meters of width. The fluorine content in the river water is low, but an increase is observed up to 1 mg/L in the region of wastewater treatment plants. The balance between the input and output of fluoride in the study area is 0.7-0.8, that indicates a fixation of fluoride by solid phase component of the landscape. The relationships between the chemical composition of natural waters and the health of the population was studied. A connection of 36 diseases with the fluorine content in the environment was determined.

**Keywords:** natural water, fluorine, morbidity, linear correlation, nonlinear correlation, landscapes.

### Актуальность темы

Двадцатый век принес понимание биологической роли химических элементов входящих в состав живого вещества. В.И. Вернадский отмечал, что организмы неразрывно связаны с химизмом окружающей среды и с геохимической точки зрения представляют определенную форму миграции химических элементов на поверхности нашей планеты [6]. В процессе жизнедеятельности организмы избирательно поглощают из окружающей среды необходимые для них химические элементы. Однако перераспределение зависит не только от биологических особенностей организмов, но и от геохимических особенностей среды их обитания [10]. Дефицит или избыток содержания в ней отдельных элементов должен вызывать соответствующий физиологический резонанс в организмах [5]. Влияние геохимических особенностей ландшафта на здоровье населения очень разнообразно. Из объектов внешней среды, с которыми у человека и животных существуют прямые

связи, проявляющиеся при возникновении эндемий, прежде всего, являются природные воды. Их характеристики достаточно полно отражают экологическую ситуацию территории водосборного бассейна.

Интерес к изучению биогеохимии фтора мне привил во время учёбы в университете, профессор Голубев Игорь Михайлович. Фтор – сильнейший окислитель, имеет наименьший радиус атома из всех известных элементов. В свободном виде не встречается. В настоящее время известно более 100 фторсодержащих минералов. Обладает в силу своих химических свойств высокой биологической активностью [11]. Основным фактором, определяющим уровень потребления фтора человеком, является его концентрация в питьевой воде.

В атмосферу фтор поступает с продуктами вулканических извержений, дымами пожаров, океаническими аэрозолями. Около 10% воды, поступившей в атмосферу, переносится на сушу. Можно предположить, что одновременно переносится про-

порциональное количество фтора в океанических аэрозолях [10].

В поверхностных водах фтор, выщелачивающийся из горных пород, почв, свободно мигрирует. Реки содержат его  $n \cdot 10^{-4} - n \cdot 10^{-5}$  г/л. Коэффициент водной миграции равен 1. Миграционная способность фтора в зоне гипергенеза высокая, соответствует миграции легко и энергично выносимых элементов [10].

Содержание фтора в поверхностных водах суши, как правило, невелики. Первые изучение содержания фтора в природных водах на территории Советского Союза было проведено по инициативе профессора С.В. Моисеева в 1935 году. Первые данные по содержанию фтора в подземных водах получены в СССР по анализу водоносных горизонтов территории Кольского полуострова в районе г. Кировска [16]. С 1949 года изучение содержания фтора в природных водах начал проводить НИИ имени Ф.Ф. Эрисмана.

Среднее содержание фтора в почвах несколько ниже, чем в литосфере. Повышенное содержание фтора в почвах наблюдается имеет место в районах вулканизма, в районах фосфоритовых залежей, фтор вносится в почву с удобрениями, фторсодержащими инсектофунгицидами. Также существует опасность техногенного загрязнения почв в местах развитой металлургической промышленности, производства пластмасс, вдоль автомобильных дорог. Поступающий в почву фтор вызывает существенное изменение химических свойств почв [12].

Среднее содержание фтора в различных органах растений колеблется от 0,1 до 5 мг/кг сухого вещества [12]. Однако во многих случаях оно может уменьшаться практически до нуля или увеличиваться до нескольких сот миллиграммов. Коэффициент биологического поглощения растительностью суши равен 0,097. Ежедневно ею в круговорот захватывается  $6 \cdot 10^5$  тонн фтора; суммарное количество фтора в фитомассе континентов равно  $8,8 \cdot 10^6$  тонн. [10]

Фтор в организм человека поступает в основном с водой и пищей, суточная потребность взрослого человека 2-3 мг в сутки. Наиболее распространено мнение, что фтор, входящий в состав зубной эмали, снижает растворимость ее в кислотах, а также подавляет активность ферментов ротовой полости, которые вырабатывают кислоту. Содержание фтора, как в различных частях

зуба, так и в отдельных зубах колеблется в определенных пределах [15]. Содержание фтора в различных участках одного и того же зуба варьирует от 50 до 560 мг/кг.

В повышенных содержаниях фтор блокирует активные центры ферментов, содержащие ионы  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ . Это приводит к ингибированию ферментативных процессов. Во многих биохимических процессах фтор выступает ингибитором: в обмене углеводов и жиров, блокируя ферменты цитохрома С, угнетает тканевое дыхание, снижая активность костной фосфатазы, нарушает процесс оксификации в костях. При этом наступает снижение кальция в сыворотке крови, уменьшается ее бактерицидность и наступают клинические изменения костей и зубов [11, 15].

В 1970 году Всемирная организация здравоохранения выдвинула рекомендации по применению соединений фтора терапевтической целью при остеопорозе и остеомаляции.

Вопрос о повсеместном фторировании воды был включен в качестве специального пункта в программу XXII сессии Всемирной ассамблеи ВОЗ в июне 1969 года и одобрен большинством ее участников. Но до сих пор эта проблема имеет как сторонников, так и противников [14,17]. Мы также считаем, что проблема определения предельно допустимой концентрации фтора в питьевой воде существует [8].

### Постановка проблемы исследования

Районом наших исследований является территория Окско-Донской низменности в пределах Тамбовской области. По заключению отдела Главной экологической экспертизы уже в 1995 году экологическая ситуация на данной территории оценена, как напряженная [9]. В данном регионе практически все населенные пункты используют для питьевого водоснабжения подземные воды.

**Цель исследования** – определение содержания, распределения и миграции фтора и других элементов в природных водах Окско-Донской низменности и влияния их на здоровье населения

Достижение цели предполагало решение следующих задач:

1. Установить уровни концентрации фтора во всех типах природных вод Окско-Донской низменности (подземные воды, поверхностные воды), а также атмосферных осадках.

2. Изучить сезонные изменения водной миграции фтора и определить годовой баланс фтора на изучаемой территории.

3. Определить соотношения содержания фтора с другими компонентами вод.

4. Выяснить особенности накопления фтора в природной среде вследствие техногенного воздействия.

5. Изучить с помощью биометрических методов связи между уровнем заболеваемости населения и количеством потребляемого фтора.

**Объект исследования:** природные воды Окско-Донской низменности и здоровье населения Окско-Донской низменности.

**Предмет исследования:** изучение взаимосвязи между химическим составом природных вод и здоровьем населения.

### Материалы и методы исследования

Ландшафтно-геохимические полевые исследования проводились с учетом охвата всей территории Тамбовской области. Пробы воды отбирались из одиночных и централизованных источников водоснабжения (колодези, колодцы, водопроводы, скважины), а также наземных водоемов (реки, озера, пруды, родники). Отбор проб воды и определение химических элементов в наземных водисточниках проводился в соответствии с «Руководством по химическому анализу поверхностных вод суши». Исследования по изучению содержания и распределения фтора в водах Окско-Донской низменности выполнялись в соответствии с ГОСТ 4386-81 «Метод определения массовой концентрации фтора потенциометрическим методом с применением фторидного электрода». Аналитические работы выполнены автором в лаборатории МГПУ. Полученные данные обрабатывались методами вариационной статистики. В задачу наших исследований входило изучение нескольких признаков в их взаимной связи, то есть форму, направление и степень корреляционных связей. Критерий достоверности  $\geq 1,96$  принимался во внимание. Для определения влияния концентрации фтора на уровень заболеваемости населения рассмотрена линейная корреляция между содержанием фтора и 36 классами заболеваемости местного населения. Для расчета коэффициента корреляции данные рассчитывались как средняя взвешенная по районам. В соответствии с этой рекомендацией использован метод – выявление нелинейности связей частоты заболеваний с факторами внешней среды, в данном случае, с компонентами питьевых вод. Для каждой связи Y-X рассчитывались: коэффициент парной корреляции  $r$ , его критерий достоверности  $T_r$ , корреляционное отношение  $\eta$  (обычно  $\eta_{Y/X}$ ), его критерий достоверности  $t_\eta$ , показатель линейности связи  $\gamma$ , его критерий достоверности  $t_\gamma$ . Связь считается нелинейной при  $t_\eta$  больше 3, а в более точных работах при  $t_\eta$  больше 2,5 и даже при  $t_\eta$  больше 2. При нелинейной связи  $\gamma$  больше, чем  $r$  и  $\eta_{Y/X}$  не равно  $\gamma_{X/Y}$ . Для выявления экстремумов и их вида – максимум или минимум – использовались графики Y-X (в том числе со скользящей средней). Экстремум подтверждался расчетом коэффициентов корреляции между Y-X до и после экстремума, найденного на графике [13].

### Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный анализ атмосферных осадков, выявил, что он определяется внутриматериковым положением региона. Содержание фтора невысокое 0,05-0,20 мг/л. Уровни концентрации элементов в атмосферной влаге выше в теплый период года. Зафиксированы высокие концентрации фтора, в осадках, выпавших в пределах техногенных комплексов.

Выявлена повышенная концентрация фтора в образцах кумулятивного снега, отобранного вдоль автомобильных дорог при удалении от них на 20-140 метров, что в дальнейшем приводит к накоплению и устойчивому загрязнению компонентов природных ландшафтов фтором. Повышены концентрации фтора в образцах снега населённых пунктов, отапливаемого преимущественно котельными на твердом топливе.

Анализ проб воды в водах озер выявил невысокую минерализацию и низкую концентрацию в них фтора (до 0,2 мг/л). Выявлено однородное содержание элементов по профилю толщи воды и незначительное повышение концентрации у дна. Сезонные колебания практически отсутствуют.

В речных водах невысокое содержание фтора. Отмечено повышенное его содержание до 1 мг/л в районе сброса очистных сооружений и при некотором удалении ниже по течению, аналогично наблюдается и повышенная концентрация других элементов [2].

Соотношение между выносом и поступлением фтора на территории низменности составляет 0,7-0,8, что свидетельствует о преимущественном закреплении фтора твердофазными компонентами ландшафта [4].

Содержание фтора в водопроводной воде. Подавляющая часть населения потребляет воду из водопроводных систем. Анализ данных содержания фтора в водопроводной воде и на водозаборных узлах выявил различное их соотношение. Так, в водопроводной воде отобранной из кранов квартир, концентрация фтора ниже, чем на водозаборных узлах, по видимому происходит его соосаждение с гидроксидом железа. При работе станций обезжелезивания, а также при пропускании воды через очистные бытовые приборы, содержание фтора также уменьшается в среднем на 17-20%, что расходится с данными приведёнными в «Википедии» [17]. Исследования показали, что

водопроводная вода в 67% населенных пунктов – содержит фтора до 0,5 мг/л; в 23% населенных пунктах – 0,5-0,7 мг/л; в 10% – 0,7-1,1 мг/л. Для оценки количества потребляемого фтора с питьевыми водами и влияния его на здоровье населения, проживающего на данной местности, были рассчитаны средневзвешенные величины по районам области [4].

На основании данных, полученных нами при изучении природных вод на территории Окско-Донской низменности, сделана попытка, установить связь между содержанием фтора в природных водах и их химическим составом [3]. Учитывая, что природные воды являются весьма сложной системой, где факторы, способствующие обогащению их фтором переплетаются с факторами, подавляющими растворение фтористых соединений водовмещающих пород; речь, естественно, не может идти не о функциональной связи между концентрацией фтора и концентрацией других ионов. Для установления наличия этой связи и для количественного ее выражения использован метод вычисления коэффициента корреляции. Статистическая обработка данных показала, что фтор прямо коррелирует с магнием, хлором и обратно коррелирует со щелочностью, а с рН,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  достоверной корреляции не найдено [1].

#### **Взаимосвязь между содержанием фтора и здоровьем населения**

Нами была исследована связь частоты 36 заболеваний с содержанием фтора во внешней среде. Получена линейная корреляция 36 классов и форм нозологических заболеваний с 11 отношениями фтора к содержанию других компонентов питьевых вод.

Для выяснения зависимостей (связей) между заболеваемостью (частотой заболеваний) и составом вод (их факторами) был применен метод графиков, расчет линейной и нелинейной корреляции по Р.Ф. Лакину [13]. Во внимание принимались только *достоверные коэффициенты с критерием достоверности* более 1,96, то есть с вероятностью 0,95 или 95%. Дополнительно для выявления связи применялся третий метод – ландшафтно-картографический. В нем использовались картосхемы распространенности заболеваний по районам Тамбовской области составленные И.М. Голубевым [9], которые сопоставлялись с картосхемами химического состава вод.

Нами не выявлено линейной корреляции частоты онкологических заболеваний с содержанием фтора в водах. Найдена обратная линейная корреляция частоты рака желудка и шейки матки ( $r = -0,8$ ) с отношением фтор/нитраты ( $r = -0,65$ ) и суммы всех форм рака с отношением фтор/хлориды ( $r = -0,53$ ).

Нелинейная корреляция частоты опухолей с содержанием фтора показала 2 максимума частоты опухолей: при содержании фтора (мг/л) около 0,3 (не во всех случаях) и 0,5, а также 2 минимума: при содержании фтора 0,36 (почти во всех случаях) и 0,6-0,7. Для частоты болезней крови и кроветворных органов максимумы наблюдаются при содержании фтора (мг/л) 0,43 и 0,6, а минимумы при 0,53 и 0,68 [7].

Отметим два экстремума, выявленные во всех случаях: максимум при содержании фтора около 0,5 мг/л и минимум при 0,6-0,7 мг/л. Как показали исследования максимум частоты всех болезней соответствует концентрации 0,5 мг/л фтора, а минимум находится при концентрации фтора 0,6-0,7 мг/л.

Линейной корреляции частоты рака с соотношением фтор/кальций в питьевой воде (концентрация фторидов в мг/л, кальция – мг-экв/л) и с отношением F/pH не обнаружено.

Частоты рака желудка легкого, шейки матки, болезней крови и кроветворных органов имеют 2 максимума при отношениях фтор/кальций около 0,08 и 0,15 (рака молочной железы – 0,11 и 0,2) и 2 минимума при величине этого отношения около 0,12-0,13 и 0,18-0,22 (для рака молочной железы второго минимума не выявлено). Максимумы выявлены при отношениях фтор/кальций, когда содержание фтора около 0,5 мг/л и кальция больше или меньше 4 мг-экв/л, то есть это содержание фтора и кальция, при которых заболеваемость максимальна [7]. Для второго минимума содержание фтора около 0,7 мг/л, а кальция около 4 мг-экв/л, то есть это содержания фтора и кальция, при которых заболеваемость минимальна.

Найден максимум частоты рака легкого при отношении фтор/натрий 0,1 и минимум при 0,32. Для первого отношения содержание фтора близко к 0,5 мг/л, натрия – около 5 мг-экв/л. При таком содержании фтора частота рака легкого максимальна, а натрия – минимальна. Для второго отношения содержание фтора выше 0,5 мг/л, а содержание натрия низкое – 1,7 мг-экв/л. Все это косвенно подтверждает максимум

частоты заболеваний при содержании фтора 0,5 мг/л.

Рассмотрена корреляция частоты болезней крови и кроветворных органов с отношением железо/фтор. Линейной корреляции с содержанием железа, фтора по отдельности не выявлено.

Нелинейная корреляция показала: максимум частоты болезней крови и кроветворных органов при отношении железо/фтор 1,9 и минимум при 3. Для первого отношения содержание (мг/л) фтора равно 0,43, а железа 0,82. При таком содержании фтора частота болезней крови и кроветворных органов максимальна. Для второго отношения содержание фтора равно 0,58 мг/л, а железа 1,75 мг/л. При таком содержании фтора частота болезней крови и кроветворных органов близка к минимуму. Это является подтверждением максимума и минимума при содержании фтора около 0,5 мг/л и около 0,6 мг/л соответственно.

В связи с выявленной обратной линейной корреляцией между частотой суммы всех форм рака и отношением фториды/хлориды ( $r = -0,53$ ) рассмотрена нелинейная корреляция с этим отношением. Найдены: максимум частоты всех форм рака при отношении фтор (мг/л/хлориды (мг-экв/л)) 1,45 и минимум при 0,85. Для первого отношения содержание фтора равно 0,5 мг/л, при таком содержании фтора частота рака максимальна. Для второго отношения содержание фтора равно 0,36 мг/л, при таком его содержании наблюдается первый минимум частоты рака. Это подтверждает максимум и минимум частоты рака при содержании фтора 0,5 и 0,36 мг/л соответственно.

При анализе статистических расчетов не обнаружено линейной корреляции частоты болезней системы кровообращения с содержанием фтора в воде, кроме прямой умеренной корреляции частоты ревматизма. Выявлена прямая линейная корреляция частоты ревматизма с отношением фтор/хлор ( $r = +0,31$ ), фтор/рН ( $r = +0,41$ ), фтор/кальций ( $r = +0,47$ ), но с отношением фтор/нитраты – обратная ( $r = -0,8$ ). Исследование нелинейной корреляции обнаружило максимум частоты ревматизма при концентрации фтора в воде около 0,5 мг/л (табл. 44). Это также может объяснить разное влияние фтора при различных его концентрациях.

Выявлена прямая линейная корреляция частоты цереброваскулярной болезни (с гипертонической болезнью (ГБ) и без ГБ) с

содержанием фтор/хлор ( $r = +0,5$ ), цереброваскулярной болезни (с ГБ и без ГБ) с содержанием фтор/хлор ( $r = +0,5$ ), цереброваскулярной болезни (с ГБ) с отношением фтор/сульфаты ( $r = +0,42$ ), ИБС (без ГБ) с отношением фтор/нитриты ( $r = +0,41$ ), инфаркта миокарда – с отношением фтор/нитраты ( $r = +0,43$ ).

Можно сделать вывод, что частота сердечно-сосудистых заболеваний имеет линейную корреляцию не с содержанием фтора (за исключением ревматизма), а с отношениями содержания фтора и других анионов в воде.

Расчеты нелинейной корреляции показывают: максимум частоты болезней системы кровообращения при содержании фтора в воде 0,5-0,58 мг/л и два минимума при 0,3-0,43 (не во всех случаях) и при 0,6-0,68 [2,4]. Так же, как и для опухолевых заболеваний, минимумы при концентрации фтора менее 0,5 мг/л выявлены не во всех случаях, а максимумы при концентрации около 0,5 мг/л и минимум при концентрации фтора 0,6-0,7 мг/л найдены для всех болезней системы кровообращения. Изменения в сердечно-сосудистой системе нелинейно зависят от интервала концентраций фтора, как это отмечено ранее при рассмотрении опухолевых заболеваний.

При рассмотрении нелинейной корреляции частоты болезней системы кровообращения с отношением содержания фтор/кальций в воде (концентрация фтора в мг/л, кальция – мг-экв./л) найдены 2 максимума частоты болезней при отношениях фтор/кальций 0,06-0,09 (кроме ишемической болезни сердца (ИБС)) и 0,14-0,15 (для ИБС без ГБ 0,17, для цереброваскулярной болезни без ГБ 0,22), а также 2 минимума: при 0,1-0,11 (кроме ИБС с ГБ) и 0,18 (кроме ИБС и цереброваскулярной болезни без ГБ). Несколько иные результаты по инфаркту миокарда: его частота имеет 2 максимума при отношениях фтор/кальций 0,11 и 0,22, а также 2 минимума при 0,07 и 0,16. Представляет интерес второй минимум при отношении фтор/кальций около 0,18. Содержание фтора в этом случае 0,6-0,7 мг/л, при таком содержании фтора частота болезней системы кровообращения минимальна.

Исследованиями И.М. Голубева отмечено влияние натрия на сердечно-сосудистую систему. По Тамбовской области найдена прямая значительная линейная корреляция между частотой ИБС без ГБ при concentra-

ции натрия в питьевой воде. Найден минимум частоты ИБС без ГБ при концентрации натрия в воде 2,4 мг-экв./л (55 мг/л) для некоторых болезней системы кровообращения при 2,8-3,2 мг/экв./л [9].

Нами рассмотрена корреляция между частотой ИБС без ГБ и отношением содержания фтор/натрий в воде. При рассмотрении нелинейной корреляции найден максимум частоты ИБС без ГБ при отношении фтор (мг/л)/натрий (мг-экв./л) 0,075 и минимум при 0,23. Для первого отношения содержание фтора около 0,5 мг/л, натрия 3,3 мг-экв./л, при этих концентрациях частота ИБС без ГБ гораздо выше минимума. Для второго отношения содержание фтора 0,69 мг/л, натрия 2,8 мг-экв./л, при этих концентрациях частота ИБС без ГБ близка к минимальной, что подтверждает предлагаемую ПДК фтора 0,6-0,7 мг/л и натрия.

И.М. Голубевым отмечена прямая линейная корреляция частоты некоторых сердечно-сосудистых болезней со щелочностью воды. Найден минимум их частоты при щелочности около 6 мг-экв./л (около 400 мг/л) [9]. Нами не найдена линейная корреляция частоты болезней системы кровообращения с отношением щелочность/фтор.

Нелинейная корреляция показала максимум частоты всех форм ГБ при отношении щелочность/фтор 12 и минимум при 8. Для первого отношения содержание фтора равно 0,6 мг/л, щелочности 7,7 мг-экв./л. Для второго отношения содержание фтора равно 0,69 мг/л, щелочности 5,7 мг-экв./л.

По Тамбовской области не найдено линейной корреляции частоты болезней костно-мышечной системы с содержанием фтора в питьевой воде. Выявлена прямая линейная корреляция с отношением фториды/нитриты ( $r = +0,4$ ). Изучение нелинейной корреляции показало, что частота всего класса болезней костно-мышечной системы максимальна при концентрации фтора в воде 0,54 мг/л (рис. 18-22), а остеоартрозов и солевых артропатий – при 0,31 мг/л; в обоих случаях есть минимум при концентрации фтора 0,68 мг/л (табл. 45).

Есть литературные данные об обратной линейной корреляции частоты остеоартрозов и солевых артропатий с отношением кальций/аммоний; найдены два максимума все болезней костно-мышечной системы при концентрации кальция в воде, мг-экв./л, 3,7 и 4,8 и два минимума при 4,2-4,4 и 5,5 [9].

Наши исследования нелинейной корреляции выявило максимум частоты болезней костно-мышечной системы при отношении фтор (мг/г)/кальций (мг-экв./л) 0,09 и минимум при величине этого отношения около 0,14. Для первого отношения содержания фтора равно 0,5 мг/л (при таком содержании частота болезней близка к максимальной), а кальция – 5,5 мг-экв./л (при таком содержании частота болезней дает минимум, но более высокий, чем при содержании кальция 4,2-4,4 мг-экв./л). Для второго отношения содержание фтора равно 0,6-0,7 мг/л (при таком содержании частота болезней минимальна), а кальция 4,2 мг-экв./л (при таком содержании частота болезней имеет более низкий минимум, чем при содержании кальция 5,5 мг-экв./л) (рис. 22-26).

Найдена обратная связь линейной корреляции частоты болезней костно-мышечной системы с рН. Изучение нелинейной корреляции выявило максимум частоты болезней костно-мышечной системы при рН 7,6 и минимум при рН 7,2. Обнаружен максимум частоты болезней костно-мышечной системы при отношении фтор/рН 0,08, а также минимум при 0,07. Для первого отношения содержания фтора около 0,5 мг/л, рН 6,6, для второго соответственно 0,6 и 7,6.

Линейной корреляции частоты болезней костно-мышечной болезни системы с отношением фтор/хлориды при исследовании не выявлено. Обнаружено два максимума частоты болезней при отношении фтор (мг)/хлориды (мг-экв.) 0,4 и 0,85, а также два минимума – при 0,32 и 0,57. Для первого максимума концентрации фтора, мг/л, и хлоридов, мг-экв., соответственно равны 1,03 и 2,55, для второго 0,36 и 0,43 (при таких концентрациях частота болезней выше минимальной). Для первого минимума концентрации фтора и хлоридов соответственно равны 0,7 и 2,18; для второго – 0,76 и 1,31; при таких концентрациях фтора частота болезней минимальна (заметим, что частота болезней костно-мышечной системы максимальна при содержании хлоридов в воде, мг-экв./л – 2,8 и минимальная при 1,8 и 3,7).

Нами не обнаружено линейной корреляции частоты тиреотоксикоза (с зобом и без него) с содержанием фтора и его отношений к содержанию других анионов, но для сахарного диабета найдена одна прямая связь – с содержанием фтора в воде (табл. 46), а также прямая зависимость с отношением фтор/кальций ( $r = +0,61$ ), фтор/рН ( $r = +0,37$ ).

Изучение нелинейной корреляции выявило максимум частоты тиреотоксикоза при содержании фтора около 0,37 мг/л и минимум частоты тиреотоксикоза и сахарного диабета при содержании фтора 0,65 мг/л.

Найден максимум частот тиреотоксикоза и сахарного диабета при отношении фтор (мг/л)/кальций (мг-экв./л) 0,11 (для тиреотоксикоза еще при 0,22) и два минимума при 0,09 и 0,14. Для отношения 0,11 содержание фтора около 0,5 мг/л и кальция 4 мг-экв./л, при этих концентрациях частота болезней максимальна. Для первого минимума содержание фтора около 0,6 мг/л, кальция – 6-7 мг-экв./л, для второго – соответственно 0,6 и 4,0.

О влиянии фтора на проявлении болезней органов пищеварения есть данные о выраженных симптомах поражения органов пищеварения у больных флюорозом. При лечении остеопороза высокими дозами фторид натрия 40-100 мг в день у некоторых больных отмечались побочные явления, в первую очередь со стороны желудка и кишечника. Желчно- и мочекаменная болезнь может сопровождаться вторичным гиперфторозом в виду исключительного сродства фтора к кальцию [15].

Нами обнаружена линейная корреляция для гастрита, дуоденита хронического (табл. 47); прямая с отношением фториды/хлориды ( $r = +0,4$ ) и обратная с отношением фториды/нитраты ( $r = -0,8$ ).

Найден максимум частоты болезней органов пищеварения при содержании фтора 0,5 мг/л (кроме язвы желудка и 12-перстной кишки); а также два минимума – при 0,31-0,36 мг/л (кроме язвы желудка и 12-перстной кишки) и при 0,61-0,7 мг/л (табл. 47).

Выявлены два максимума частоты болезней органов пищеварения при отношении фтор/кальций 0,06-0,09 и 0,14-0,18, а также два минимума – при 0,11-0,13 и – для язвы желудка, 12-перстной кишки, желчно-каменной болезни, холецистита – при 0,18-0,20. Для первого максимума концентрация фтора 0,24 или 0,5 мг/л, для второго – 0,5 или 1,0 мг/л; при этих концентрациях частота болезней выше минимальной. Для первого минимума концентрация фтора около 0,6 мг/л, для второго – около 0,7 мг/л, то есть подтверждается минимум частоты болезней в зависимости от содержания фтора (рис. 27-30).

Отмечено, что мочекаменная болезнь может сопровождаться вторичным гипер-

фторозом [15]. Нами обнаружена прямая линейная корреляция частоты нефрита хронического и эрозии шейки матки с содержанием фтора, а также с отношением F/Ca ( $r = +0,45$ ); P/pH ( $r = +0,48$ ); болезней женских половых органов – с отношением фториды/хлориды, F/SO<sub>4</sub>, F/pH, F/Ca ( $r = +0,4$ ;  $+0,4$ ;  $+0,37$ ;  $+0,54$ ), болезней мочеполовой системы и болезней женских половых органов – с отношением фториды/сульфаты ( $r = +0,44$ ); F/pH ( $r = +0,39$ ); F/Ca ( $r = +0,52$ ). Выявлена обратная линейная корреляция частоты эрозии матки с отношением фториды/нитриты ( $r = -0,66$ ) и прямая F/Ca ( $r = +0,51$ ).

Выявлены два минимума частоты болезней мочеполовой системы населения области при концентрации фтора 0,35-0,43 мг/л (не во всех случаях) и при 0,6-0,7 мг/л в основном. Максимум частоты болезней мочеполовой системы при содержании фтора около 0,5 мг/л подтверждает максимумы частоты ранее рассмотренных болезней. Максимум при содержании фтора около (и ниже) 0,3 мг/л нехарактерен, обнаружен только в двух случаях – цервитита и эрозии шейки матки.

Найдены два максимума частоты болезней мочеполовой системы при отношении фтор/кальций 0,07-0,08 (кроме цервитита и эрозии шейки матки) и 0,12-0,13, а также два минимума – при 0,1 и 0,18 (для второго минимума содержание фтора – около 0,7 мг/л), что подтверждается литературными данными по эндемичному по уrolитиазу району Чувашии [9].

Избыточные концентрации фтора могут вызывать изменения со стороны нервной системы, выраженная неврологическая симптоматика наблюдается при флюорозе [15].

Нами не выявлена линейная корреляция частоты рассматриваемых болезней с содержанием фтора в водах. Обнаружена прямая линейная корреляция частоты класса болезней нервной системы и органов чувств с отношением фтор/сульфаты ( $r = +0,4$ ).

Изучение нелинейной корреляции выявило максимум почти во всех случаях при содержании фтора 0,55 мг/л и минимум во всех случаях при 0,6-0,68 мг/л (так же, как для прочих классов болезней), минимум при 0,27 мг/л отмечен только для заболеваний нервных корешков и сплетений.

Нами не выявлено линейной корреляции частоты гипертрофии миндалин и аденоидов с содержанием фтора в питьевых водах (табл. 50), но найдена прямая линей-

ная корреляция с отношениями фтор/хлориды ( $r = +0,4$ ) и F/Ca ( $r = +0,37$ ). Изучение нелинейной корреляции обнаружило два максимума частоты гипертрофии миндалин и аденоидов при концентрации фтора 0,25 и 0,55 мг/л, а также два минимума при 0,46 и 0,61 мг/л, как и в случае ряда прочих заболеваний. Обнаружены два максимума частоты гипертрофии миндалин и аденоидов при соотношении фтор/кальций (мг/мг-экв.) 0,08 и 0,14, а также минимум при 0,11, как и в случае ряда прочих заболеваний.

Нами не найдено линейной корреляции частоты бронхиальной астмы с содержанием фтора в питьевых водах (табл. 53), но обнаружена обратная линейная корреляция с отношением фтор/нитриты ( $r = -0,46$ ) и прямая с отношением F/Ca ( $r = +0,37$ ). Изучение нелинейной корреляции выявило два максимума частоты заболеваний бронхиальной астмы при концентрации фтора 0,27 и 0,55 мг/л, а также два минимума при 0,31 и 0,61 мг/л, как и в случае ряда прочих заболеваний. Обнаружен максимум частоты бронхиальной астмы при отношении фтор/кальций (мг/мг-экв.) 0,11, а также два минимума при 0,08 и 0,18, как и в случае ряда прочих заболеваний.

### Выводы

Результаты исследований взаимосвязи заболеваний человека в зависимости от содержания фтора в питьевой воде показывают, что прямая линейная корреляция найдена в восьми случаях: с содержанием фтора в случае четырех болезней (из 36) – сахарного диабета, ревматизма, нефрита, эрозии шейки матки; с отношением фтор/сульфаты также в четырех случаях из 36 – цереброваскулярной болезни (с ГБ), всего класса болезней мочеполовой системы, женских половых органов, нервной системы и органов чувств.

С отношениями содержания фтора и хлоридов, нитритов, нитратов есть и прямые, и обратные связи.

С отношением фториды/хлориды – прямые в случаях (цереброваскулярная болезнь с ГБ, она же без ГБ, ревматизм, гастрит с дуоденитом, болезни женских половых органов, гипертрофия миндалин и аденоидов) и 1 обратная в случае суммы всех форм рака.

С отношением фториды/нитриты – прямые в 2 случаях (ИБС без ГБ, болезни костно-мышечной системы) и 2 обратные в слу-

чае эрозии шейки матки и бронхиальной астмы.

С отношением фтор/нитраты – 1 прямая в случае инфаркта миокарда и 4 обратных (в случае рака желудка, рака шейки матки, ревматизма, гастрита с дуоденитом).

С отношением фтор/щелочность линейной корреляции не найдено.

Таким образом, с содержанием фтора линейная корреляция частоты болезней найдена только в 4 случаях из 36, а с отношениями содержания фтора к содержанию хлоридов – в 7 случаях, нитратов – в 5, нитритов – в 4, сульфатов – в 4 случаях из 36.

Линейная корреляция с содержанием фтора и его отношением к содержанию сульфатов равнонаправлена (только прямая), а с отношениями содержания фтора и хлоридов, нитратов, нитритов – разнонаправлена.

Линейная корреляция с содержанием фтора найдена лишь в случае 4 заболеваний, а линейная корреляция частоты болезни с содержанием фтора и его отношениями к содержанию пяти других анионов в воде выявлена в 24 случаях из 216.

Результаты изучения линейной корреляции согласуются с литературными источниками, что отношения содержания компонентов внешней среды нередко играют более существенную роль в их влиянии на живые организмы и часто в большом количестве случаев, нежели абсолютные количества компонентов.[15] Множественная линейная корреляция с отношениями компонентов среды частично объясняет противоречивость данных по линейной корреляции с абсолютными количествами компонентов.

Результаты исследования могут послужить базой для дальнейшего ведения мониторинга вод и здоровья населения, а также при экологических исследованиях на территориях, близких по ландшафтно-геохимическим условиям, к Окско-Донской низменности.

### Список литературы.

1. Аничкина Н.В., Голубев И.М. О геохимической экологии Тамбовской области // Вопросы региональной экологии. – Тамбов, 1993. – С. 19-21.
2. Аничкина Н.В. Химический состав питьевых вод и здоровье населения Окско-Цнинской низменности // Качество жизни: проблемы системного научного обоснования: материалы международной научно-практической конференции. – Липецк: ЛГПУ, 2000. – С. 191-192.
3. Аничкина Н.В., Бобровских Н.В. Взаимосвязь между химическим составом питьевой воды и здоровьем населения



- города Липецка // Экология Центрального Черноземья Российской Федерации: научно-технический журнал. – Липецк: ЛЭГИ, 2003. – С. 7-10.
4. Аничкина Н.В. Геоэкологическая оценка природных вод Окско-Донской низменности: дис. ... канд. геог. наук. – Воронеж, 2006. – 180 с.
5. Венчиков А.И. Принцип лечебного применения микроэлементов в качестве биотиков. – Ашхабад: Ылым, 1982. – 250 с.
6. Вернадский В.И. Очерки о геохимии. – М.: Наука, 1983. – 422 с.
7. Голубев И.М. О нелинейной коррекции частоты рака с жесткостью, щелочностью и содержанием магния, кальция в питьевых водах // Экспериментальная онкология. – 1991. – Т. 13. – № 1. – С. 30-34.
8. Голубев И.М., Зимин В.П., Аничкина Н.В. О ПДК фтора в питьевой воде // Гигиена и санитария. – 1994. – № 5. – С. 22-23.
9. Голубев И.М. Геохимические факторы и заболеваемость населения лесостепной зоны Русской равнины: дис. ... д-ра биол. наук. – Архангельск, 1995. – 233 с. – URL: <http://www.dissercat.com> (дата обращения 15.12.2015).
10. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. – М.: Мысль, 1983. – 272 с.
11. Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия фтора. – Киев: Наукова думка, 1987. – 156 с.
12. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
13. Лакин Г.Ф. Биометрия. – 4 изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 351 с.
14. Ларионов В.В., Хасаншин И.И. Современные проблемы фторирования питьевой воды // Гигиена и санитария. – 1993. – № 8. – С. 24-27.
15. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчков. – М.: Медицина, 1991. – 495 с.
16. Моисеев С.В. Фтор в питьевых водах и его санитарное значение. – Л., 1937. – 110 с.
17. Фторирование воды. – URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 05.12.2015).