

Абакарова А.М., Гитинова П.Ш., Яхияев М.А.

Фтористые соединения и тяжелые металлы в почвах и растениях сулакской дельтовой равнины

ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет», г. Махачкала

Abakarova A.M., Gitinova P.Sh., Yakhiyaev M.A.

Fluoride compounds and heavy metals in soils and plants of the sulak delta plain

Резюме

Приведены аналитические результаты исследований по содержанию фтористых соединений и тяжелых металлов (ТМ) в почвах и растениях территории, прилегающей в прибрежной полосе Терско-Сулакской дельтовой равнины Республики Дагестан. Фтористые соединения и ТМ, попадая в организм человека по пищевой цепи почва-растения-вода-человек, участвуют в биохимических процессах, играют важную роль как в адаптации организма в нормальном, так и при патологическом состоянии. Без них в оптимальных дозах не могут протекать жизненные процессы в организме человека. Определение содержания этих элементов и их соединений в объектах биосферы может позволить специалистам, в частности, медицинским диагностировать и предупреждать развитие заболеваний человека, связанная с их недостатком или избытком, обмен веществ

Ключевые слова: фтористые соединения, растения, природно-техногенные факторы, эко-зависимый патологический процесс, дикальцийфосфат

Для цитирования: Абакарова А.М., Гитинова П.Ш., Яхияев М.А., Фтористые соединения и тяжелые металлы в почвах и растениях сулакской дельтовой равнины, Уральский медицинский журнал, №10 (193) 2020, с. 188 - 192, DOI 10.25694/URMJ.2020.10.36

Summary

The analytical results of studies on the content of fluoride compounds and heavy metals (HM) in soils and plants of the territory adjacent to the coastal strip of the Tersko-Sulak delta plain of the Republic of Dagestan are presented. Fluoride compounds and HMs, entering the human body through the soil-plant-water-human food chain, participate in biochemical processes and play an important role both in the adaptation of the body to normal and pathological conditions. Without them, life processes in the human body cannot proceed in optimal doses. Determination of the content of these elements and their compounds in biosphere objects can allow specialists, in particular, medical specialists, to diagnose and prevent the development of human diseases associated with their deficiency or excess, metabolism

Key words: fluoride compounds, plants, natural and technogenic factors, eco-dependent pathological process, dicalcium-phosphate

For citation: Abakarova A.M., Gitinova P.Sh., Yakhiyaev M.A., Fluoride compounds and heavy metals in soils and plants of the sulak delta plain, Ural Medical Journal, No. 10 (193) 2020, p. 188 - 192, DOI 10.25694/URMJ.2020.10.36

Введение

Исследование влияния концентрации химических элементов в окружающей среде на человека, в связи с концентрацией химических элементов, обусловленной природно-техногенными факторами, имеет немаловажное значение, так как геохимические отклонения вызывают ответные, часто патологические реакции организма [1,2].

Одним из структурных элементов окружающей

среды является почвенный покров, химический состав которого влияет на подбор, распределение растений, состав природных вод, содержание химических элементов в продуктах питания и, в конечном счете, отражается на биохимических процессах, происходящих в организме человека.

Химические элементы (микроэлементы) нужны для развития живого организма. Без них они не работают,

вызывает угнетение и гибель организма. Недостаток или избыток (дисбаланс) микроэлементов в почве, в растениях наряду с другими факторами, приводит к недостатку или избытку их не только у травоядных, но и плотоядных животных, а также в организме человека. Это влечет за собой ослабление или усиление синтеза биологически активных веществ, в состав которых входят микроэлементы, нарушение процесса промежуточного обмена веществ, возникновение заболеваний [3,4,5,6].

Общеизвестно, что в условиях экологического неблагополучия раньше других реагируют иммунная, эндокринная и центральная нервная системы, вызывая широкий спектр функциональных расстройств. Затем появляются нарушения обмена веществ и запускаются механизмы формирования экзозависимого патологического процесса. Дальнейшим следствием ухудшения экологической обстановки может быть увеличение генетического груза в популяции и развитие наследственных болезней, в том числе врожденных пороков развития [7,8].

Экологические и генетические болезни характеризуются той особенностью, что они поражают не всех людей, а лишь определенную часть в каждой популяции: в результате эволюционно выработанных механизмов адаптации 80-90% организмов приспособляются к данному дисбалансу и лишь 5-20% популяции не способны справиться с регуляцией метаболических процессов и развивают патологию [9,10].

С экологических и токсиколого-гигиенических позиций не все тяжелые металлы могут быть восприняты однозначно. Прежде всего, представляют интерес металлы, которые наиболее широко и в значительных объемах используют в производственной деятельности человека, накапливающиеся во внешней среде и представляющие серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсических свойств [11,12].

В современных условиях происходит концентрация и территориальное разрастание промышленных объектов в равнинной зоне Дагестана, без обоснования научно-практической и экологической целесообразности их размещения. В этой связи наблюдается повышение пылевого загрязнения атмосферного воздуха, что в конечном итоге приводит к оседанию и аккумуляции загрязняющих веществ в почвах и водоемах, в частности, фтористые соединения, которые выбрасываются заводами по производству фосфорных удобрений. К числу таких заводов относится АО «Дагфос» расположен в г. Кизилюрт Республики Дагестан. АО «Дагфос» – предприятие по выпуску минеральных удобрений и кормовых фосфатов. Сфера деятельности: производство промышленной продукции химической отрасли. Основные мощности: – дикальцийфосфат (кормовой и удобрительный) – 40 тыс. тонн в год; нитроаммофоска (азофоска) – 36 тыс. т в год; суперфосфат обогащенный – 36 тыс. т в год; двойной суперфосфат – 60 тыс. т в год (производство на стадии завершения); термическая фосфорная кислота – 60 тыс. т в год (производство на реконструкции); очищенная фосфорная кислота – 60 тыс. т в год (производство на реконструкции); экстракционная фосфорная кислота – 169 тыс. тонн в год

(производство на стадии завершения); товары народного потребления – кирпич строительный, спелодержка, преобразователь ржавчины, металлопрофиль, тротуарная плитка и прочее. АО «Дагфос» является единственным предприятием по выпуску дикальцийфосфата кормового и удобрительного в регионе и одним из крупнейших в Российской Федерации. Производственная площадка АО «ДАГФОС» расположена на территории в 43 га. Имеется развитая инженерная инфраструктура – автодороги, железнодорожная ветка общей длиной 7 км. Основные и вспомогательные цеха: цех термической фосфорной кислоты, цех дикальцийфосфата, цех очистки термической фосфорной кислоты, склад известняка, хранилище фосфорной кислоты, ремонтно-строительный и механический цех, автотранспортный и железнодорожный цех, котельная, компрессорная станция, электроцех, газовое хозяйство, цеха ТНП. Фосфорная пыль, выбрасываемая заводом, распространяется как аэрозоль на близкое расстояние в 4-5 км и в зависимости от длительности и интенсивности их воздействия на почву и на растения вызывает различные отрицательные последствия. Предельно допустимая концентрация (ПДК) фтористых соединений составляет 1,2 мг/кг. Естественные и культурные растения, возделываемые вблизи источника выбросов фтористых соединений, поглощают их из воздуха листьями, а из почвы – корнями. Затем накапливается в органах растений, в том числе в плодах, ягодах, съедобных корешках, которые отравляют человека и животных. Составлен ряд восприимчивых садово-овощных культур к действию фосфорсодержащей пыли: петрушка, лук, грецкий орех, виноград, слива, черешня и др.

Материалы и методы

С целью установления уровня загрязнения почв и растений нами были заложены почвенные разрезы по направлению господствующих юго-восточных и северо-западных ветров в радиусе от 100 м до 5 км от завода АО «Дагфос» из которых отобраны почвенные и растительные образцы.

Результаты и обсуждение

Полученные данные показывают, что среднее содержание воднорастворимой формы фтористых соединений в образцах почв на глубине 10-20 см и 50-60 см варьируют в пределах 3-6 мг/кг, где фракция физической глины (<0,01 мм частиц) составляет 9-14%, тогда как на контроле их количество не превышает 1,8-1,9 мг/кг. Самое высокое содержание воднорастворимой формы фтористых соединений 8-11 мг/кг на пахоте обнаружено в образцах почв, взятых в 4-х км от завода, где содержание фракции физической глины составляет 25-30% (см. табл. 1).

Содержание валовых форм фтора на этих глубинах колеблется от 260 до 330 мг/кг, а на контроле, соответственно, 150-170 мг/кг. В образцах почв, отобранных на территории, расположенной в 100 м от завода в зависимости от фракции физической глины, содержание валовой формы фтористых соединений составляет 210 мг/кг, что на 40% больше, чем в контроле

Таблица 1. Содержание фтористых соединений и тяжелых металлов в почвах и растениях вокруг завода АО «Дагфос»

| Место взятия проб | Глубина, см | Физич. глина (<0,01мм) | Содер. фтористых соединений, мг/кг. | |
|---|-------------|------------------------|-------------------------------------|-------------|
| | | | вал. | водно-р-ст. |
| На территории завода в 100 м к Юго-востоку | 0-10 | 10,2 | 200 | 4,1 |
| | 12-22 | 12,9 | 210 | 4,3 |
| | 24-34 | 6,9 | 190 | 2,6 |
| | 35-45 | 19,5 | 260 | 5,5 |
| В 1 км к Юго-востоку, культура оз. пшеница | 0-10 | 24,7 | 330 | 2,7 |
| | 10-20 | 15,0 | 270 | 2,4 |
| | 20-40 | 26,0 | 370 | 2,9 |
| | 40-60 | 24,3 | 330 | 4,5 |
| В 2-х км к Юго-востоку, культура люцерна | 0-10 | 23,9 | 220 | 3,3 |
| | 10-20 | 20,0 | 210 | 3,0 |
| | 20-40 | 27,0 | 280 | 5,4 |
| | 40-60 | 31,3 | 330 | 6,0 |
| В 4-х км к Юго-востоку | 0-10 | 25,0 | 400 | 8,0 |
| | 10-20 | 29,9 | 450 | 11,0 |
| | 20-40 | 20,2 | 250 | 4,8 |
| | 40-60 | 22,8 | 260 | 5,0 |
| На территории завода в 100м к Северо-западу | 0-10 | 14,2 | 260 | 2,8 |
| | 16-26 | 17,1 | 280 | 4,9 |
| | 32-42 | 19,1 | 290 | 4,5 |
| | 52-62 | 17,3 | 280 | 5,0 |
| В 1 км к Северо-западу, пшеница | 0-10 | 11,3 | 200 | 3,0 |
| | 10-20 | 11,9 | 220 | 3,2 |
| | 20-40 | 18,9 | 280 | 4,7 |
| | 40-60 | 19,7 | 290 | 4,8 |
| | 60-80 | 13,4 | 260 | 4,8 |
| В 2-х км к Север-западу Р-7, пшеница, долина реки Сулак | 0-10 | 9,3 | 220 | 2,4 |
| | 10-20 | 34,6 | 350 | 3,4 |
| | 20-40 | 34,7 | 440 | 3,8 |
| В 4-х км к Северо-западу, культура виноградинки | 0-10 | 20,8 | 260 | 2,3 |
| | 10-20 | 27,7 | 350 | 3,5 |
| | 20-40 | 20,7 | 300 | 4,0 |
| | 40-60 | 18,8 | 330 | 5,0 |
| | 60-80 | 20,2 | 258 | 3,0 |
| В 2-х км к Западу, пшеница, пастбище, конгресс. | 0-10 | 19,8 | 150 | 1,8 |
| | 10-20 | 20,0 | 170 | 1,9 |

В растит., образцах. Полынь, содержание кобальта – 1,890 мг/кг, полынь вейничная в 100 м содержание кадмия – 1,54 мг/кг, полынь вейничная, содержание кобальта 0,740 мг/кг, полынь вейничная в 500м, содержание кадмия 0,705мг/кг, лебеда бородавчатая в 1000 м, содержание кобальта 0,380 мг/кг, кадмия – 0,390 мг/кг от завода.

По мере удаления от завода, в радиусе 5 км, их содержание возрастает. Такое повышение водно-растворимой и валовой форм фтористых соединений в почвах и растительных организмах, расположенных вокруг завода АО «Дагфос», может отрицательно повлиять на биологическую продуктивность растений и снизить плодородие почвы.

В условиях фторидного загрязнения наблюдается нарушение жизнедеятельности растений.

Фторсодержащие соединения проявляют острую токсичность по отношению к животным и человеку.

По литературным данным, содержание водорастворимых соединений фтора в почвах и грунтах соизмеримо с изменением значений рН. С ростом данного показателя происходит замещение фторид-иона, связанного с аморфными гидроксидами и глинистыми минералами, и возрастание концентрации фтора в почве. Смещение значений рН в щелочную сторону ведёт к увеличению

растворимости ФСС в почве, приводит к попаданию и накоплению их в питьевой воде и сельскохозяйственной продукции [13]. В других работах показано, что трансформация ФСС может выражаться в относительном уменьшении водо- и кислоторастворимых соединений [14]. Фтор в силу своей окислительной активности способствует образованию перекисных соединений. В процессе окисления субстрата в присутствии пероксидазы образуются высокотоксичные и высокореагентные свободные радикалы, появление которых чревато процессами повреждения клеток организмов [15]. Поэтому вблизи предприятий-загрязнителей формируются аномальные области, отличающиеся изменённой структурой и составом комплексов микроорганизмов (МО) по сравнению с незагрязнёнными почвами [16,17].

Особую опасность для экосистем представляет загрязнение агроценозов из-за накопления соединений фтора в товарной части сельскохозяйственной продукции (зерно, плоды, ягоды, овощи). Это подтверждается данными по извлечению фосфорсодержащих соединений (ФСС) растениями на полях. Показано, что длительное применение суперфосфата повысило содержание ФСС в почве на 90% по сравнению с контролем. Существуют

данные, свидетельствующие об очень высокой аккумуляции соединений фтора в семенах растений (до 3250 мг/кг сухой массы при содержании ФСС в растворе 50 мг/кг). Например, во Франции, где продолжительное время применялись высокие дозы минеральных удобрений, содержание ФСС в пищевых продуктах достигало до 10 мг/кг в сухом веществе. Установлено, что степень поглощения ФСС люцерной и пшеницей положительно коррелирует с его концентрацией в почвенном растворе [18,19].

Известно, что фтор является жизненно важным микроэлементом для осуществления жизнедеятельности животных и человека [20].

Недостающий фтор восполняют фторированием воды, введением фторсодержащих препаратов в зубные пасты и эликсиры и т. п. Однако повышенное содержание ФСС также крайне опасно. В больших концентрациях ФСС способствуют возникновению флюороза. Также может нарушаться синтез коллагена, работа иммунной системы (атакуются собственные ткани организма), функции воспроизводства потомства, наблюдается разрушение костей, заболевание почек, возникают глазные и нервные болезни.

Содержание тяжелых металлов, кобальта и кадмия в надземных частях доминирующих видов растений показывают, что количество их в 100 метрах от завода больше, чем на расстоянии 1 км от него. Максимальное количество кобальта и кадмия, определенное в 100 м от завода, составляет, соответственно, 1,890 и 1,540 мг/кг, а минимальное – 0,380-0,390 мг/кг.

На основании результатов исследований рекомендуется исключить в радиусе до 5 км вокруг завода АО «Дагфос» выращивание овощных (петрушка, лук и т.д.) и садовых (грецкий орех, виноград, черешня) культур как легко восприимчивых к большим концентрациям токсичных фтористых соединений в почвах. Необходимо также организовать службу контроля природной среды по сезонам года. Заводу следует установить мокрые пылеулавливатели – фильтры с целью эффективного осаждения загрязненной пыли в специальные емкости и дальнейшего захоронения их в отведенном отгороженном месте.

Заключение

Аномальные концентрации присущи только почвам, развитым над выходом месторождения на поверхность. Согласно классификации, такие содержания следует отнести к критическим. Не следует допускать использования почв с такими концентрациями тяжелых металлов в сельскохозяйственном производстве. На отвалах необ-

ходима их засыпка, организация ливнеотоков и посадка древесных растений, посев трав.

Фторсодержащие соединения являются потенциально опасными как для почвы, так и для живых организмов, в частности, человека, обитающих в данной среде. Доказано, что ФСС негативно влияют на основные показатели почвенного плодородия и ферментативную активность почв. В результате воздействия ФСС в клетках живых организмов накапливаются перекисные соединения – высокотоксичные и высокореагентные свободные радикалы, что приводит к клеточным повреждениям. В условиях загрязнения ФСС происходит снижение численности микробиоты, подавление её роста, уменьшение видового разнообразия микробных комплексов, изменение их структуры. Губительное воздействие ФСС оказывают и на растения. Даже небольшие количества фтора являются фитотоксичными, приводя к нарушению жизнедеятельности растений. В то же время некоторые растения способны аккумулировать ФСС. Особую опасность для человека и животных представляет их накопление в товарной части сельскохозяйственной продукции. Несмотря на то что фтор является жизненно важным микроэлементом для животных и человека, его повышенное содержание в организме крайне опасно и может привести к нарушению работы организма, вплоть до смертельного исхода. Поэтому важно выявлять все источники попадания ФСС в природную среду, изучать пути их химических превращений. До сих пор остаются без ответа следующие вопросы: каковы механизмы трансформации ФСС, в какие соединения они превращаются, где преобразуются, какими свойствами обладают образующиеся из них химические соединения, какова степень их токсичности, где разрушаются, каким образом химические соединения проникают внутрь живого организма и как выводятся [21]. Ответы на эти вопросы могут послужить теоретической основой разработки эффективных приёмов снижения содержания ФСС в окружающей среде и влияния данных поллютантов на биоту. ■

Абакарова А.М – к.м.н. доцент кафедры общей гигиены и экологии человека ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» Минздрава России. Махачкала. *Гитинова П.Ш* – к.м.н. доцент кафедры общей гигиены и экологии человека ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» Минздрава России. Махачкала. *Яхияев М.А* – научный сотрудник НИИ ЭМ ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» Минздрава России. Махачкала.

Литература:

1. Байсеитова, Н. М. Накопление тяжелых металлов в растениях в зависимости от уровня загрязнения почв /Н. М. Байсеитова, Х. М. Сартаева. //Молодой ученый. – 2014. – № 2 (61). – С. 379-382.
2. Залибеков З.Г. Почвы Дагестана. Махачкала: Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, Дагестанский государственный университет, 2010. – 243 с.
3. Каманина И.З., Каплина С.П., Салихова Ф.С. Содержание тяжелых металлов в лекарственных

- растениях. //Научное обозрение. Биологические науки. – 2019. – № 1. – С. 29-34.
4. Соколова В.Ю. Распределение некоторых элементов в продуктах питания, растениях, органах и тканях животных. Автореф. канд. дис. Киев, 1965. 19 с.
 5. Ягодин Б.А. и др. Аккумуляция кадмия в овощных культурах в зависимости от условий минерального питания //Изв. ТСХА. 1993. Вып. 2. С. 126-134.
 6. Petit G.M., Van de Gein S.C. In vivo measurement of cadmium transport and accumulation in the stems of intact tomato plants. Long distance transport and local accumulation //Plant. 1978. V. 138. № 2. P. 137-143.
 7. Жеткизгенова Д.Б. Токсическое действие тяжелых металлов на окружающую среду и разработка технологии по очистке тяжелых металлов // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 6. С.1-7.
 8. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. № 1 (23), 2013., С. 182-192.
 9. Баранов В.С., Баранова Е.В., Иващенко Т.Э., Асеев М.В. Геном человека и гены «предрасположенности». (Введение в предиктивную медицину). – СПб.: «Информсдизит», 2000. – С. 272.
 10. Sram R.J. (Ed.). Toxic Program. Impact of Air Pollution on Human Health. Academia, Prague, 2001. – P. 318.
 11. Кашкина Т.А. Влияние тяжелых металлов на биохимические процессы в организме //Научные достижения биологии, химии, физики: сб. ст. по матер. XII междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СибАК, 2012.
 12. Гулиева С. В-К., Керимова Р. Д-К., Юсифова М. Ю-К. Влияние тяжелых металлов на биохимические процессы в организме человека. 2018. С.1-5
 13. Ермолов Ю.В. Влияние орошения на подвижность фтора в посевах Барабинской равнины // Сибирский экологический журнал. 2000. № 2. С. 243-246.
 14. Kokovkina T.F., Babushkina L.G. Anthropogenic pollution of forest soils //Lesy Urala i hozyaystvo v nih. Ekaterinburg. 1993. № 16. P. 199-207 (in Russian).
 15. Shebalova N.M. Some mechanisms of microbial adaptation of forest litter of pine stands in the areas of environmental contamination //Agrarnyy vestnik Urala. 2009. № 2 (56). P. 83-85 (in Russian).
 16. Gaponyuk E.I., Kremenkova N.P., Morshina T.N. Effect of fluoride on the properties of soil in the areas of industrial emissions //Zagryaznenie atmosfery, pochv i prirodnykh vod. L.: Gidrometizdat. 1981. 59 p. (in Russian)
 17. 28, 33 Sorokin N.D., Afanasova E.N. Microbial indication of soil contaminated with industrial emissions //Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal. 2011. № 5. P. 689-695 (in Russian).
 18. Танделов Ю.П. Фтор в системе почва-растение. М.: РАСХН, 2004. 146 с.
 19. Танделов Ю.П. Фтор в системе почва-растение / Под ред. В.Г. Минеева. Красноярск: Красноярская городская типография, 2012. 146 с
 20. Полонский В.И., Полонская Д.Е. Фторидное загрязнение почвы и фиторемедиация //Сельскохозяйственная биология. 2013. № 1. С. 3-14.
 21. Рожанская А.В. Исследование процессов трансформации фторорганических веществ, выделяющихся в атмосферный воздух //Бюллетень ВСНЦ СО РАН. 2005. № 8 (46). С. 161-163.