

Соединения фтора – загрязнители поверхностных вод зоны влияния криолитового производства

А.В. Малафеева, соискатель, Ю.А. Докучаева, аспирантка, Оренбургский ГАУ

Технический прогресс и развитие общества невозможны без использования фтора и его соединений [1, 2]. Фтор применяется в производстве оптических стекол, в космонавтике, в атомной промышленности, для изготовления фторопластов и в алюминиевой промышленности. Среди минералов, содержащих фтор, одним из распространённых является криолит – $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$. При переработке криолита для получения необходимой продукции на производстве образуются различные токсические отходы, содержащие фтор и представляющие опасность для растений и животных организмов. Поэтому загрязнение окружающей среды фтором и его соединениями является приоритетной проблемой экологии в окрестностях алюминиевых заводов и криолитовых производств [1, 3, 4].

Фтор среди химических элементов занимает особое положение. Он является самым активным неметаллом и реагирует со всеми элементами, кроме инертных газов [5, 6]. Фтор жизненно необходим для нормального роста и развития организма. Элемент принимает участие в формировании зубов, костей, активирует некоторые ферменты, влияет на обмен жиров и углеводов [1, 5, 6].

При высоком уровне фтора в организме человека может возникнуть флюороз – изменение цвета эмали, ломкость и выкрашивание зубов [3, 6]. Часто повышенные дозы фтора нарушают синтез коллагена и вызывают его разрушение в костях, хрящах и сухожилиях [3, 6]. Повышенное содержание фтора нарушает работу иммунной системы и увеличивает скорость роста опухолей при склонности к раку [7]. При широком спектре хронических заболеваний фтор может вызвать аллергические реакции, включая дерматит, экзему и крапивницу [2, 3, 7].

Одним из немногих предприятий по переработке криолита и получению продукции для алюминиевых заводов является Южно-Уральский криолитовый завод (ЮУКЗ), расположенный в г. Кувандыке (Оренбургская обл.). Предприятие входит в состав объединённой компании «Российский алюминий» (УС Rusal) и поставляет продукцию на алюминиевые заводы России.

Согласно технологии, применяемой на заводе, криолит используется в качестве флюса при производстве алюминия. Из других компонентов, участвующих в реакциях, применяется кремнефтористоводородная кислота, трифторид алюминия и фторид натрия, относящиеся к токсическим соединениям. Отходы производства содержат смесь различных веществ, среди которых HF , $\text{Al}(\text{OH})_3$, Na_2CO_3 , H_2SiF_6 , H_2SO_4 , криолит и сточные воды. С отходящими газами, образующимися при сушке продукции, увлекаются частицы криолита и сопутствующие вещества, в том числе пары плавиковой кислоты (HF). Отходы производства представляют проблему их очистки, использования и утилизации. Отходы, не подлежащие очистке, направляются в шламонакопитель (шламовое поле), находящийся вдали от города. Однако старое шламовое поле, существующее в окрестности завода и функционирующее более 40 лет, и после его рекультивации оказывает до сих пор негативное влияние на окружающую среду, что создаёт проблему в районе и области.

Объекты и методы. В связи с существующей проблемой загрязнения поверхностных вод фтором в окрестностях г. Кувандыка целью нашей работы явилось исследование содержания фтора в местных водоёмах. Для достижения этой цели нами в 2010–2012 гг. были взяты пробы воды из ручья Мулдакай и реки Кураганки.

Ручей Мулдакай – временный водоток, впадающий в р. Сакмару в пределах г. Кувандыка. Русло ручья было создано искусственно во время

сооружения второго шламохранилища и предназначалось для отведения талых вод от него. Движение талой воды начинается в апреле и заканчивается в конце июня. Ручей орошает значительный участок территории, непосредственно прилегающей к территории завода.

Река Кураганка, протекающая в зоне влияния ЮУКЗ (около 800 м), является левым притоком Сакмары и впадает в неё на территории г. Кувандыка. Местное население использует воду Кураганки для орошения и купания в тёплый период года [9, 10].

Содержание фтора в пробах воды, взятых в разные годы из указанных водоёмов, определяли методом колориметрирования согласно ГОСТу 4386-89 [5]. Метод определения фтора основан на способности фторид-иона образовывать растворимый в воде тройной комплекс, в состав которого входят лантан, алиразин-комплексон и фторид, дающий сиренево-синюю окраску. Колориметрирование проводили на фотоколориметре марки КФК-3, определяя интенсивность окраски раствора при длине волны $L = 600 \pm 10$ нм.

Результаты исследований. В результате исследования установлено, что содержание фтора в воде, взятой из ручья Мулдака в разные годы, имеет отличия и значительно превышает нормативы (табл. 1). В динамике по годам содержание фтора варьирует от максимума – 8,26 мг/л в 2010 г. до 1,5 мг/л в 2012 г.

Ряд исследователей указывают [8, 9], что воды поверхностных источников региона характеризуются низким содержанием фтора. При этом известно, что ПДК фтора в водах рыбохозяйственного назначения составляют 0,05 мг/л. В нашем случае многократно повышенное количество фтора в воде ручья и его снижение в динамике, видимо, связано с улучшением технологии производства – антропогенным фактором или погодными условиями в регионе.

Содержание фтора в воде р. Кураганки (табл. 2) также превышает нормативы ПДК. Однако эти превышения незначительные, что позволяет использовать воду реки населению в хозяйственных целях. При этом известно [6], что оптимальное содержание фтора в воде различных водоёмов колеблется в пределах 0,5–1,2 мг/л. Кроме того, известно [3, 5, 6], что фтор и его соединения являются токсичными только в растворе в ионном виде в концентрации более 1,5 мг/л. Комплексные соединения фтора, особенно в кислых средах, не являются токсичными и не усваиваются организмом. Вода в р. Кураганке в основном слабокислой реакции и, возможно, не является токсичной для растений, что позволяет использовать её для полива.

Тем не менее содержание фтора в ручье, находящемся на территории, примыкающей к заводу, многократно превышает его наличие в

1. Динамика изменения химических показателей воды в ручье Мулдакае по годам исследования

Год	Фтор, мг/л	pH
2010	8,26	7,8
2011	3,76	7,9
2012	1,5	7,8
ПДК	0,05	6,5–8,5

2. Динамика изменения химических показателей воды в р. Кураганке по годам исследования

Год	Фтор, мг/л	pH
2010	0,33	7,7
2011	0,22	7,8
2012	0,20	7,5
ПДК	0,05	6,5–8,5

реке, что позволяет считать воду в ручье опасной для потребления.

Следовательно, высокие показатели содержания фтора в поверхностных водах на территории г. Кувандыка являются результатом влияния отходов, в том числе и сбросов промышленных фторсодержащих сточных вод криолитовым производством.

Выводы. 1. Содержание фтора в воде ручья Мулдака и р. Кураганки, протекающих по территории г. Кувандыка (Оренбургская обл.), превышает ПДК, установленные для водоёмов рыбохозяйственного назначения.

2. Максимальное превышение содержания фтора в ручье Мулдакае и в р. Кураганке в 16,5 и в 6,5 раза соответственно отмечено в 2010 г.

3. Учитывая характер воздействия повышенных концентраций фтора в окружающей среде на человека, животных и растения, следует признать необходимым создание программы комплексного мониторинга, предусматривающего изучение содержания фтора во всех депонирующих средах (почве, воде, растениях, тканях человека и животных, продуктах сельского хозяйства).

Литература

1. Гладышев А.А., Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н. Естественное восстановление растительного покрова на шламовом поле криолитового производства // Безопасность в техносфере. 2012. № 1 (34). С. 20–24.
2. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф. К вопросу изучения антиокислительной защиты высших растений в условиях влияния атмосферных выбросов предприятия «Газпром» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 2(30). С. 218–224.
3. Боев В.М., Воляник М.Н. Антропогенное загрязнение окружающей среды и состояние здоровья населения восточного Оренбуржья. Оренбург: УрО РАН, 1995. 127 с.
4. Гладышев А.А., Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н. Продукция биологически активных веществ в тканях *Urtica dioica* L. на шламовом поле криолитового производства // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 4 (36). С. 215–218.
5. Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н., Петрова Г.В. Лекарственные

- и ядовитые растения как фактор биологического риска. Оренбург: Изд. центр ОГАУ, 2011. 400 с.
6. Популярная медицинская энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1981. С. 373–375.
 7. Немершина О.Н., Гусев Н.Ф. О влиянии гипоксии на некоторые компоненты неферментативной антиоксидантной защиты *Linaria vulgaris Hill* // Вестник ИрГСХА. 2011. № 4 (44). С. 88–95.
 8. Филиппова А.В., Мелько А.А. Оптимизация использования осадков сточных вод в агроценозах степной зоны // Современные наукоемкие технологии. 2009. № 9. С. 100–103.
 9. Филиппова А.В., Мелько А.А., Тютина Е.В. Мониторинг экологического состояния малых рек степного Оренбуржья (Россия) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2009. № 6. С. 51–52.
 10. ГОСТ 4386-89. Вода питьевая. М., 1989.