

# ГЛИФОСАТ И ЕГО ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

**О. МЕДВЕДЕВ**, факультет фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова, Национальный исследовательский центр «Здоровое питание»

Вопрос о безопасности использования генетически модифицированных продуктов для здоровья человека остается ареной споров и дискуссий как в обществе, так и в научных кругах. Имеются сторонники взгляда об их безопасности и убежденные противники использования этих продуктов. По мнению многих исследователей, требуется больше времени для получения научно обоснованного ответа на этот вопрос. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) разрабатывает методологию для проведения исследований по безопасности ГМ-продуктов.

Однако следует рассматривать не только продукты питания, произведенные с использованием генно-инженерных технологий, но и технологические процессы производства таких продуктов. В качестве примера приведем опубликованные данные о современной технологии выращивания трансгенных сои, кукурузы и других культур и использования гербицидов для уничтожения сорняков.

Впервые гербициды на основе глифосата, созданные американской фирмой «Монсанто», появились в 1974 г. Глифосат представляет собой аналог аминокислоты глицина, который способен в растениях блокировать работу фермента EPSP-синтазы, что сопровождается угнетением синтеза ароматических аминокислот и, как следствие, синтеза белка, хлорофилла, в результате чего растения погибают. Глифосат является активным веществом широко известного гербицида RoundUp. До 2000 г. действовал патент фирмы «Монсанто», а позже другие компании стали выпускать гербициды, содержащие глифосат. Особенно широко стали использовать подобные гербициды для борьбы с сорняками после создания ГМО-растений (сои, кукурузы,

хлопка, сахарной свеклы и других) — RoundUp Ready, устойчивых к действию глифосата. Со временем у сорняков развивается устойчивость к действию глифосата, что требует более частого применения гербицида. Если в 1987 г. по частоте использования он был в мире на 17 месте, то уже в 2001 г. вышел на первое место. Ежегодная потребность в глифосате составляет около 500 тыс. т, объем его продаж в 2011 г. достиг 5,6 млрд долл.

Глифосат применяется несколько раз во время роста и созревания возделываемой культуры, а также для подсушивания урожая перед уборкой. Производители гербицидов постоянно подчеркивают экономическую целесообразность их использования в сельском хозяйстве, поскольку производство кормовых культур, пшеницы, сои повышается на 4,3–7,1%. Если применение гербицидов запретить, то потери для экономики только Европейского союза составят 1,4 млрд долл.

Что же происходит с глифосатом после обработки растений? Он всасывается растениями, попадает в почву и в воду. При деградации около 70% глифосата образуется более короткая молекула — аминометилфосфоно-

вая кислота (aminomethylphosphonic acid/AMPA), которая также обладает гербицидным действием, а ее токсическое действие на человека в несколько раз сильнее, чем самого глифосата. В уже собранных соевых бобах содержание глифосата и AMPA составляет от 0,18 до 7,2 мг/кг. В тканях сельскохозяйственных животных, получавших ГМ-корма, особенно в случае скармливания им сои и других кормовых культур, устойчивых к действию глифосата, зарегистрировано от 0,05 до 1,6 мг/кг этого вещества. Наиболее высокая концентрация гербицида обнаруживается в почках и печени.

В США разрешен довольно высокий максимальный уровень глифосата в питьевой воде — 700 мкг/л, в Австралии еще выше — 1000 мкг/л, тогда как в Европе допустимый уровень поллютанта — менее 0,1 мкг/л.

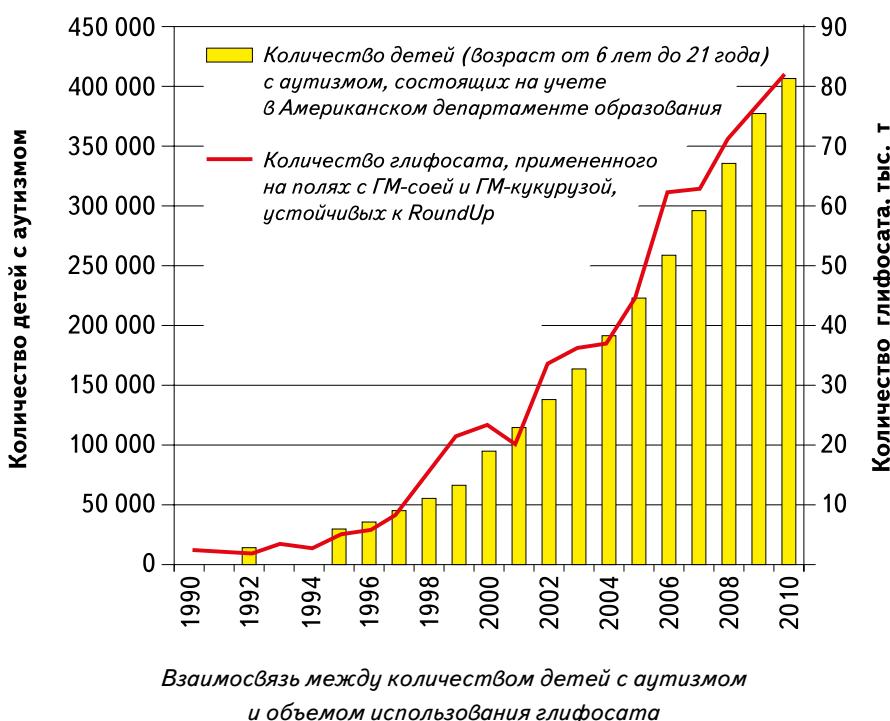
Неудивительно, что из-за широкого использования гербицидов на основе глифосата его в небольших количествах обнаруживают в кормах и продуктах питания, в питьевой воде, куда он попадает с водой, стекающей с полей в реки и водоемы, проникающей в грунтовые воды. В течение длительного времени фирмы-производители

**Коэффициент корреляции Пирсона (R), характеризующий взаимосвязь между увеличением применения глифосата в период с 1995 г. по 2010 г. в США и увеличением выявленных заболеваний**

Коэффициент корреляции R	Заболевания, частота выявления которых коррелирует с повышением использования глифосата в сельском хозяйстве США
$R > 0,98$	Аутизм, старческая деменция, рак щитовидной железы и мочевого пузыря
$0,97 < R < 0,98$	Почекная недостаточность, нарушения липидного обмена, функции кишечника
$0,95 < R < 0,97$	Ожирение, рак печени
$0,90 < R < 0,95$	Диабет, синдром раздраженного кишечника, артериальная гипертония, инсульт, болезнь Альцгеймера, рак поджелудочной железы
$0,86 < R < 0,90$	Болезнь Паркинсона, миелоидная лейкемия

убеждали общественность, что токсичность таких гербицидов очень низкая, поскольку у людей и других млекопитающих отсутствует фермент EPSP-синтаза, на который направлено действие глифосата в растениях. Однако исследования последних лет не подтверждают такую точку зрения. Оказалось изучения только глифосата (в основном на грызунах) недостаточно, так как в состав конечного продукта входят дополнительные вещества — адьюванты, ускоряющие всасывание глифосата и усиливающие его гербицидное действие. Сравнительные исследования глифосата и конечного продукта (RoundUp) показали, что в опытах *in vitro* на клетках человека токсичность глифосата составила 2 г/л, тогда как токсичность RoundUp 400 и 450 — 0,001 г/л.

**Острые отравления глифосатом**  
В литературе описаны случаи острого отравления гербицидами на основе глифосата. Симптомами острого отравления обычно являются гастроэнтерит, нарушения дыхания и сознания, снижение артериального давления, почечная недостаточность и шок. В подобных случаях суточные дозы глифосата и AMPA составляют или превышают 125 и 5 мкг/кг/день, соответственно. В Индии описан случай, когда у человека, проглатившего 75 мл раствора гербицида, содержащего 40,6% глифосата, развился отек легкого. Смертельный исход отмечается в среднем в 3,2% случаев, он наступает через 20 ч и связан с развитием сердечно-дыхательной недостаточности.



**Эффекты хронического воздействия глифосата и комплекса RoundUp на здоровье**

Возможность оказания негативного влияния глифосата и AMPA основывается на фактах обнаружения остаточных количеств этих соединений в продуктах питания. По данным Европейской организации по безопасности пищевых продуктов, в различных образцах было найдено от 0,025 до 2 мг/кг глифосата. Результаты недавних исследований свидетельствуют о том, что содержание глифосата может быть еще выше в продуктах и кормах, полученных из генетически модифицированных растений, устойчивых к RoundUp, что связано с более интенсивным использованием гербицидов на этих полях. Начиная с 1995 г., когда впервые стали засевать поля трансгенной сои, устойчивой к RoundUp, каждый год на единицу площади (акр) посевов применяли на 0,07 фунта глифосата больше, чем в предыдущем году. В результате к 2012 г. более чем в два раза увеличилось применение глифосата на единицу площади посевов сои. В США разрешенные уровни глифосата в сельскохозяйственных продуктах наивысшие в мире: для семян сои пищевой — 20 ppm, для фуражной еще выше — 100 ppm, для соевого сена — 200 ppm. Естественным следствием являются сообщения об обнаружении значительных количеств глифосата в грудном молоке и моче кормящих матерей в ряде регионов США.

В опытах, как на клеточных культурах, так и на животных (*in vivo*), была установлена способность глифосата и RoundUp вызывать окислительный стресс даже в небольших концентрациях. Это связано с их способностью связывать ряд ионов (марганца, меди, кобальта, железа, цинка, кальция и магния), что ведет к нарушению функций митохондрий и процесса окислительного фосфорилирования, образованию больших количеств активных форм кислорода. Наиболее характерным для пищевых токсикантов является поражение почек и печени, что подтверждается исследованием фермеров в Шри-Ланке, которые применяли RoundUp без защитных масок и пили воду с повышенным содержанием глифосата. Детальный анализ хронического потребления воды (два года) с низким содержанием глифосата (0,1 ppb) или RoundUp (45 нг/л глифосата, смешанного с адьювантами) выявил нарушения функций печени и почек к 15 месяцу

исследования. Повреждение клеток печени включает угнетение активности цитохромоксидазных ферментов CYP1A1/2 и CYP3A, участвующих в метаболизме многих ксенобиотиков. Следствием также может быть снижение концентрации активной формы витамина D — 25-гидрокси-витамина D. Обнаруженные изменения в экспрессии ряда генов отражали нарушения жирового обмена в печени и почках, соответствовали процессам развития фиброза, некроза, нарушениям функции мембран митохондрий и ишемии. В ряде исследований обнаружено негативное влияние глифосата на репродуктивную функцию млекопитающих. Отмечено изменение уровня ароматазы в яичках и нарушения структуры ядра в сперматозоидах крыс, а также нарушения сперматогенеза.

Целый ряд эпидемиологических исследований установил тесную корреляцию между возросшим применением глифосата при производстве устойчи-

вых к RoundUp генетически модифицированных растений и повышением частоты выявления таких нарушений со стороны нервной системы, как развитие аутизма и старческого слабоумия (см. таблицу и рисунок). Авторы связывают это со способностью глифосата вызывать состояние окислительного стресса не только в периферических органах, но и в мозгу.

Таким образом, экспериментальные и эпидемиологические исследования свидетельствуют в пользу реального повышения риска развития серьезных заболеваний у человека за счет попадания глифосата с продуктами питания, питьевой водой и при непосредственном использовании в сельском хозяйстве при возделывании генетически модифицированных культур, особенно устойчивых к действию гербицида RoundUp. ■

Список литературы  
можно запросить у автора  
или в редакции

## ИНФОРМАЦИЯ



**ФАО анонсировала проведение кампании** по улучшению кормовых практик на территории Эфиопии. Как подсчитали представители организации, развивающиеся регионы Восточной Азии, Южной Азии, Африки к югу от Сахары и Южной Америки производят около 70% мировой доли метана в основном при разведении мясного и молочного скота. В целом проект ФАО должен охватить помимо Эфиопии еще несколько стран, в том числе Уругвай, Аргентину, Уганду, Танзанию, Кению, Сенегал, Нигер, Мали, Буркина-Фасо, Бенин, Бангладеш и Шри-Ланку. Ученые и специалисты ФАО будут консультировать местных фермеров относительно того, как изменить технологии кормления и добиться прогресса не только в продуктивности, но и в экологичности.

**Число случаев заражения человека** бактерией группы *Campylobacter* после употребления мяса птицы в Швеции удвоилось за последние пять лет, и в частности в 2016 г. в стране было выявлено 6900 такого рода инцидентов, свидетельствуют данные официальной статистики. Отмечается, что ветеринарные проблемы, вероятно, могут наблюдаться у крупнейших производителей курятины, однако точные причины столь бурного роста числа случаев заражения остаются невыясненными. Предполагается,

что птица может оказаться инфицированной на стадии кормления либо же проблемы возникают при транспортировке и хранении конечной продукции.

В настоящее время известно лишь только то, что пики распространения *Campylobacter* приходились на последние две зимы, и именно в зимние месяцы число заражений становится максимальным. Вместе с тем, за последние годы шведские производители сумели достичь значительного прогресса в плане контроля сальмонеллеза, в результате чего он остается ниже среднеевропейских уровней.

**Омега-3 жирные кислоты**, полученные путем глубокой переработки канолы и являющиеся новым продуктом для комбикормовой индустрии, могут быть сертифицированы для коммерческого использования к 2018–2019 гг. сразу на трех ключевых рынках: США, Канады и Австралии. По данным производителей, переработка канолы позволяет получать омега-3 жирные кислоты, по своим характеристикам ничем не уступающие аналогичным ингредиентам, выделенным из рыбьего жира. Омега-3 жирные кислоты из канолы будут выпускаться в виде добавок: первые — для использования в рационе сельскохозяйственных животных, вторые — в качестве добавки в пищу человека.

По материалам *Feed Navigator*