

## ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Н.Н. Бушуев, к.б.н., МГТУ, А.В. Шуравилин, д.с.-х.н., РУДН

Утилизация осадков сточных вод – актуальная экологическая проблема в России. Использование осадков сточных вод в сельском хозяйстве – важный путь утилизации, но в России он применяется мало. При многолетнем внесении в почву осадков городских сточных вод отмечается увеличение содержания тяжелых металлов, в частности, кадмия, который нередко превышает ПДК. Высокое содержание тяжелых металлов препятствует использованию осадка сточных вод в качестве удобрения. Предложено усовершенствовать формулу для расчета дозы внесения осадков сточных вод в почву.

Ключевые слова: тяжелые металлы, осадки сточных вод, загрязнение почв.

Одна из многочисленных экологических проблем – утилизация отходов производства и потребления, в том числе осадков сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений. Особенно остро эта проблема стоит в России, где за год образуется около 2 млн т осадков по сухой массе (при исходной влажности 98% их масса составляет около 100 млн т). По официальным данным, только в Московской области накоплено более 120 млн т неутрализованных ОСВ, ежегодно их количество увеличивается на 14-20 млн т, суммарная площадь иловых полей превысила 700 га. По оценкам специалистов ГУПР МПР России по Московской области, за год таких отходов образуется около 5 млн т [3].

Осадки городских очистных сооружений представляют собой органические (до 80%) и минеральные (около 20%) примеси, выделенные из воды в результате механической, биологической и физико-химической очистки. В ОСВ могут содержаться: тяжелые металлы – Cr, Cd, Hg, Cu, Pb, Co, Zn, Mo, патогенные организмы (бактерии, простейшие, гельминты, вирусы), избыточное количество нитратов и различные токсичные вещества.

Основная масса осадков складывается на иловых площадках и отвалах, создавая технологические проблемы в процессе очистки стоков. Условия их хранения, как правило, приводят к загрязнению поверхностных и подземных вод, почв, растительности. Эта проблема с каждым годом обостряется и требует безотлагательного решения. В России ОСВ практически полностью хранят на территориях очистных сооружений, что превращает их в очаг загрязнения окружающей среды. Уровень использования отходов городов и осадка сточных вод в сельском хозяйстве РФ и стран СНГ пока невысок. В почву вносят не более 4-6% ОСВ с очистных сооружений крупных городов, а большую часть ОСВ вывозят на свалки [7].

В мировой практике основными направлениями утилизации загрязненных ОСВ являются затратные методы – захоронение на свалках и сжигание. При этом в странах ЕС доля ОСВ, используемых в сельском хозяйстве, достигает 50% [7].

Правильное применение ОСВ позволяет повышать плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур. По удобрительным свойствам ОСВ могут рассматриваться как органоминеральные и органические удобрения, аналогичные органоминеральным компостам, подстильному или бесподстильному навозу. В сухой массе осадков содержится: органического вещества – 40-60%, N – 1-3, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1-4, K<sub>2</sub>O – 0,2-0,7, Ca – 3-5%. ОСВ содержат также Mg, S, другие макро- и микроэлементы, необходимые для питания растений. В целях исключения опасности загрязнения почв, сельскохозяйственной продукции и окружающей среды тяжелыми металлами ОСВ, планируемые для внесения в качестве удобрения, необходимо обязательно анализировать на содержание Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn.

Основным фактором, сдерживающим применение ОСВ в качестве удобрения, является наличие в них солей тяжелых металлов. В настоящее время в России мало данных по этим вопросам.

Нормативные требования к ОСВ [2] указаны в таблице 1. Они распространяются на осадки, образующиеся в процессе очистки хозяйственно-бытовых, городских (смеси хозяйственно-бытовых и производственных), а также близких к ним по составу производственных сточных вод. При сельскохозяйственном использовании осадки подразделяют на две группы по концентрации тяжелых металлов и мышьяка: если содержание хотя бы одного из нормируемых элементов превышает его допустимый уровень для группы I, то осадки относят к группе II. Осадки группы I используют под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, грибов, зеленных и земляники. Осадки группы II используют под зерновые, зернобобовые, зернофуражные и технические культуры. Осадки групп I и II используют в промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, в лесных и декоративных питомниках, для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТБО.

1. Нормативные требования к осадкам сточных вод, применяемым в качестве удобрений [2]

Наименование металла	Концентрация, мг/кг сухого вещества, не более, для осадков групп	
	I	II
Свинец (Pb)	250	500
Кадмий (Cd)	15	30
Никель (Ni)	200	400
Хром (Cr <sub>общ.</sub> )	500	1000
Цинк (Zn)	1750	3500
Медь (Cu)	750	1500
Ртуть (Hg)	7,5	15

Нормы внесения осадков устанавливают в зависимости от их удобрительной ценности и содержания тяжелых металлов в почвах и осадках. Запрещается внесение осадков, если содержание тяжелых металлов в них превышает нормы, указанные в таблице 1.

Если расчет производят по каждому нормируемому или ненормируемому загрязнителю отдельно, то из полученных данных выбирают минимальное значение, которое и определяет дозу конкретного осадка с учетом свойства почвы и ее фактического загрязнения.

При содержании в почве любого из тяжелых металлов в концентрации свыше 0,8 ПДК внесение осадков в качестве удобрения запрещается. Учитывая наличие в осадках различных токсичных ингредиентов, в том числе тяжелых металлов, нормы внесения осадка определяют в каждом конкретном случае с помощью расчетов.

Осадки в зависимости от вида сточных вод различаются по содержанию тяжелых металлов. Смешанные сточные воды формируют осадки с содержанием тяжелых металлов, нередко превышающих ПДК. При этом концентрация многих ТМ в смешанных сточных водах в некоторых случаях очень высокая, вероятно, из-за залповых выбросов промышленных предприятий. Иногда превышение ПДК по некоторым элементам наблюдается в хозяйственно-бытовых сточных водах. Как правило, хозяйственно-бытовые сточные воды формируют осадок с содержанием ТМ не выше, чем в навозе. Однако осадки, получаемые при очистке промышленных сточных вод, содержат очень большое количество ТМ, концентрации

некоторых элементов, например хрома, меди и цинка, достигают сотен и даже тысяч мг/кг сухой массы [6, 8].

Содержание тяжелых металлов в почве [4] показало, что в первый год исследований отмечено наибольшее их количество, а во второй и третий годы оно несколько снизилось, что обусловлено выносом ТМ с урожаем.

## 2. Валовое содержание тяжелых металлов в ОСВ, мг/кг сухого вещества [5, 6]

Наименование металла	Валовое содержание, мг/кг	
	min-max	среднее
Свинец	12-147	92
Кадмий	0,1-27,0	5,7
Никель	17-380	153
Хром	0-4226	466
Цинк	56-5846	1596
Медь	14-1451	310
Ртуть	0,02-0,42	0,16
Марганец	180-656	393
Кобальт	4,6-103,0	40,0
Молибден	3,5-5,0	4,3

Валовое содержание марганца, меди, хрома, кадмия в верхнем слое (0-50 см) черноземных почв было ниже фоновых величин [8]. Вначале (в первый год внесения ОСВ) содержание марганца увеличилось на 3-9%, а на 2- и 3-й годы оно стало снижаться. При внесении навоза содержание марганца за все годы исследований мало отличалось от контроля. Аналогичная закономерность наблюдалась и для других элементов. Наиболее высокое накопление тяжелых металлов в почве отмечено при внесении 80 т/га ОСВ, а наименьшее – 20 т/га.

Данные химического анализа свидетельствуют, что ОСВ г. Барнаула, полученные преимущественно от очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, согласно ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, относятся к I группе по допустимому содержанию тяжелых металлов [6] и пригодны для использования в качестве удобрений под различные культуры, кроме овощных, зеленных, грибов и земляники. Осадки, получаемые преимущественно от очистки промышленных сточных вод, имеют повышенное содержание ТМ в отдельных партиях. Поэтому они отнесены ко II группе с рекомендацией к использованию под зерновые, зернобобовые, технические и кормовые культуры. Их также можно применять в зеленом строительстве (озеленение), промышленном цветоводстве, в лесных и декоративных питомниках, для биологической рекультивации земель.

Расчет нормы внесения осадка сточных вод с учетом содержания тяжелых металлов проводят по формуле [2]:

$$D_{\text{доп.}} = \frac{(0,8 \text{ ПДК} - \Phi) \cdot 3000}{C_{\text{ТМ}}}$$

где  $D_{\text{доп.}}$  – теоретически допустимая норма осадка, т/га сухой массы; ПДК – предельно допустимая концентрация тяжелого металла в почве, мг/кг, при отсутствии утвержденных ПДК при расчетах используют ОДК – ориентировочно допустимые концентрации тяжелых металлов в почве, мг/кг;  $\Phi$  – фактическое содержание тяжелых металлов почве, мг/кг;  $C_{\text{ТМ}}$  – содержание тяжелого металла в осадке сточных вод, мг/кг сухой массы; 3000 – масса пахотного слоя почвы в пересчете на сухое вещество, т/га.

Существует и более сложное определение общей дозы внесения органического материала, содержащего тяжелые металлы, которое учитывает не только поступление элемента в почву, но и вынос его растениями, фильтрующимися и по-

верхностными водами. Так, С.Е. Витковской и В.Ф. Дричко [1] предложили экспоненциальную модель накопления тяжелых металлов в почве, согласно которой общую допустимую дозу внесения органических отходов определяют по формуле

$$D_{\text{общ.}} = \frac{0,8(\text{ПДК} - C_{\text{фон.}}) \cdot (1 - e^{-KT}) \cdot m}{(C_{\text{комп.}} - C_{\text{фон.}})}$$

где  $D_{\text{общ.}}$  – общая допустимая доза органических отходов, т/га;  $C_{\text{фон.}}$  – концентрация тяжелых металлов в почве до внесения отхода, мг/кг;  $C_{\text{комп.}}$  – концентрация тяжелых металлов в отходе, мг/кг;  $m$  – масса пахотного слоя, т;  $K$  – общая константа выноса элемента из почвы, год<sup>-1</sup>;  $T$  – количество лет, в течение которых планируется вносить компост в почву.

Кроме того, поскольку очистные сооружения расположены обычно в черте крупных городов, то в ОСВ и в почву могут попадать тяжелые металлы из атмосферных осадков. Эти поступления также необходимо учитывать при балансовых расчетах, но, к сожалению, этого не делают. Поэтому для пригородных территорий вокруг крупных промышленных центров следует усовершенствовать расчетную формулу дозы ОСВ с учетом техногенного загрязнения.

Таким образом, в результате исследований установлено, что существует реальная опасность загрязнения почв тяжелыми металлами при внесении осадка сточных вод в почву в качестве удобрения. Промышленные сточные воды и осадки, получаемые в результате очистки этих вод, содержат количества тяжелых металлов, многократно превышающие ПДК. При длительном внесении ОСВ, полученных при очистке коммунально-бытовых сточных вод, опасность загрязнения почвы ТМ невелика, в отличие от использования осадка промышленных сточных вод. К сожалению, городские сточные воды представляют собой смесь коммунально-бытовых и промышленных сточных вод, поэтому они почти всегда загрязнены ТМ. Следует не допускать смешивания этих видов сточных вод в канализационных сетях. Осадки, получаемые в результате очистки коммунально-бытовых сточных вод, можно вносить под большинство сельскохозяйственных культур, а получаемые в результате очистки промышленных сточных вод, рекомендуют использовать под зерновые, зернобобовые, технические и кормовые культуры. Кроме того, при расчете дозы внесения ОСВ в зонах техногенного загрязнения необходимо учитывать поступление ТМ из атмосферы.

### Литература

1. Витковская С.Е., Дричко В.Ф. Влияние органических отходов на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и поступление тяжелых металлов в растения // *Агрохимия*. - 2002. - № 7. - С. 5-10.
2. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрения».
3. Концепция проекта областной целевой программы «Обращение с отходами производства и потребления в Московской области на 2006-2015 годы».
4. Стучков В.В. Влияние осадков сточных вод на свойства лугово-черноземных почв, урожайность и качество продукции кормовых культур в условиях Алтайского края. – Автореф. дисс. ... канд. с.-х. н. – М.: РУДН, 1996. - 22 с.
5. Тиньгаев А.В. Влияние органических отходов на содержание тяжелых металлов в почве // *Агро XXI*. - 2009. - №10-12. - С.42-43.
6. Тиньгаев А.В. Управление использованием органических отходов в сельском хозяйстве на региональном уровне. – Автореф. дисс. ... докт. техн. н. – М., 2010. - 45 с.
7. Шаланда А.В. Утилизация осадков сточных вод очистных сооружений посредством компостирования <http://rudocs.exdat.com/docs/index-398936.html>
8. Шуравилин А.В., Овчинников А.С., Сурикова Н.В., Бородыхев В.В., Пивень Е.А. Эффективное использование сточных вод и их осадка для орошения и удобрения сельскохозяйственных культур. – Волгоград: ИПК ФГУ ВПО ВГСХА «Нива», 2009. – 636 с.

## EFFECT OF SEWAGE SLUDGE ON THE CONTAMINATION OF SOIL WITH HEAVY METALS

N.N. Bushuev<sup>1</sup>, A.V. Shuravilin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bauman Moscow State Technical University, Vtoraya Baumanskaya 5, Moscow, 105005 Russia

<sup>2</sup>People's Friendship University of Russia, ul. Miklukho-Maklaya 6, Moscow, 117198 Russia

*The recovery of sewage sludge is an urgent environmental problem in Russia. The utilization of sewage sludge in agriculture is an important recovery method, but it is little used in Russia. The long-term application of urban waste water to the soil has increased the contents of heavy metals, including cadmium, which often exceeds the maximum permissible concentration. The high levels of heavy metals prevent the use of sewage sludge as a fertilizer. It has been suggested to improve the formula for calculating the application rates of sewage sludge to the soil.*

*Keywords: heavy metals, sewage sludge, soil contamination.*