УДК 628.35:661.5

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

Федоровская Л.А., Углов В.А., Бородай Е.В.

СибГУПС «Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск;
ФГБНУ СибНИТИП «ФГБНУ Сибирский научно-исследовательский и технологический институт переработки сельскохозяйственной продукции», Новосибирск, e-mail: borodaj2012@yandex.ru

Показана необходимость разработки способов рационального использования осадков городских сточных вод, представляющих в настоящее время реальную угрозу окружающей среде. Представлены результаты исследований физико-химического состава осадков, установлена их высокая удобрительная ценность. Проведены опыты по выращиванию сельскохозяйственных культур на почво-грунтах, содержащих различные количества осадков сточных вод и торфа. Представлены результаты по урожайности салата и петрушки на указанных субстратах. Установлено оптимальное количество осадка: 30–50% в почво-грунте. Содержанию тяжелых металлов в выращенных культурах ниже ПДК.

Ключевые слова: осадок, сточные воды, удобрения, агрохимический состав, урожайность, тяжелые металлы

AGRO-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF SEWAGE SLUDGE TREATMENT FACILITIES THE CITY OF NOVOSIBIRSK

Fedorovskaya L.A., Uglov V.A., Boroday E.V.

Singups «Siberian state transport University», Novosibirsk;
FSBI Sibniptip «Federal state scientific establishment Siberian research Institute of technology and processing of agricultural products», Novosibirsk, e-mail: borodaj2012@yandex.ru

The necessity of developing methods of rational use of precipitation municipal wastewater represents at present a real threat to the environment. Presents research results of the physico-chemical composition of precipitation, there is a high fertilizing value. Experiments on the cultivation of crops on soils containing different amounts of sewage sludge and peat. Presents the results on the yield of lettuce and parsley on these substrates. The optimal amount of sediment: 30–50% in soil-soil. The content of heavy metals in cultivated crops below the exposure limits.

Keywords: sediment, sewage, fertilizers, agrochemical composition, yield, heavy metals

Одним из наиболее остро стоящих вопросов является вопрос эффективной утилизации избыточного ила промышленных и бытовых отходов.

Складирование илового осадка сточных вод следует признать по сути, опасным для жизни, для окружающего мира способом утилизации отходов. Осадок складируется на специальных площадках (картах), под которые заняты большие площади земли. В настоящее время большинство карт заполнено и чрезвычайно актуальной задачей является освобождение их под складирование последующих отходов, так как отведение новых участков земли для этих целей является проблематичным.

Минеральная часть осадков представлена в основном соединениями кальция, кремния, алюминия и железа. В осадках присутствует также ряд микроэлементов, таких как бор, кобальт, марганец, медь, молибден, цинк. Известно, что повышенные концентрации этих элементов оказывают неблагоприятное воздействие на рост растений и качество сельскохозяйственной продукции и пагубно влияют на состояние окружающей природной среды [1]. Однако до сих пор степень опасности осадка для биогеоценозов до конца не выявлена, не исследованы до конца механизмы возобновления растительности на данных площадках и в зонах, примыкающих к ним.

Цель исследования

Цель исследования: определить возможность использования осадков городских сточных вод в качестве удобрения для сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования в работе использовали осадки сточных вод с городской станции очистки сточных вод г. Новосибирска. Были использованы пробы с карт депонирования (осадок без добавления ила и флокулянта ПАА).

Для приготовления почво-грунтов использовали:

– торф низинных и переходных типов месторождений Новосибирской области, со средней и высокой зольностью, средне- и малоразложившиеся;

– песок речной по ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. ТУ.

Анализ осадков и почво грунтов проводили с использованием методов рекомендованных:

1) содержание органического вещества – ГОСТ 27980-88 Удобрения органические. Методы определения органического вещества; ГОСТ 26213-91 – Почвы. Методы определения органического вещества;

2) определение валового содержания тяжелых металлов – ПНДФ 16.1; 2.2,;2.3; 36-02 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения

измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля и марганца в почвах;

3) определение величины pH – ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО;

4) фосфор и калий – ГОСТ 26261-84 Почвы. Методы определения валового фосфора и валового калия;

5) азот – ГОСТ 26107-84 Почвы. Методы определения общего азота;

6) гигроскопическая влага – ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

Агрохимическая характеристика осадков сточных вод и почво-грунтов на их основе.

По физическому состоянию осадки обоих карт представляют собой твердую землистую массу. Преобладающий размер частиц осадков составляет 0,5–2 мм. Данные частицы составляют до 60% от массы исследуемого образца.

Агрохимические исследования осадков показали, что больших колебаний между картами не наблюдается (табл. 1) (за исключением общего фосфора).

Таблица 1

Агрохимические характеристики осадков сточных вод

Показатель	Осадок карт	
	№ 8	№ 39
Показатель pH	6,63	6,60
Массовая доля общего азота, %	1743,0	2067,0
Массовая доля фосфора общего (P_2O_5)	1457,0	891,5
Массовая доля калия общего (K_2O)	7400	9700
Массовая доля органического вещества на сухое вещество, %	46,5	49,8

Количественные характеристики свидетельствуют о высокой потенциальной удобрительной ценности осадков обоих карт. По удобрительной ценности их можно сравнить с традиционными органическими удобрениями, например с навозом [2].

Однако, фактором, ограничивающим использование осадков сточных вод в сельском хозяйстве, является их токсикологическое влияние вследствие наличия в их составе загрязняющих веществ, в первую очередь ионов тяжелых металлов [3].

Исследование осадков с карт № 8 и № 39 (табл. 2) показало, что наличие свинца, кадмия, цинка, меди и никеля значительно превышает ПДК. В этой связи для сельскохозяйственного использования данных осадков требуется их детоксикация.

Токсический избыток веществ можно устранить органическими веществами. Одним из этих веществ может являться торф [4].

Торфяные почвы отличаются высоким содержанием органического вещества (80–95%) и в связи с этим большой емкостью поглощения и высокой влагоемкостью, большой пористостью, малой плотностью (0,25–0,5). Во многих опытах было обнаружено, что поглощение солей происходит одинаково как из разбавленных, так и концентрированных растворов, особенно таких важных соединений как фосфаты и нитраты. При этом оказалось, что катионы и анионы оказывают различное влияние на поглощение других ионов растений. На основании этих опытов ряд исследователей приходит к заключению, что в поглощении минеральных элементов большое значение имеет не их концентрация во внешней среде, а соотношение их друг с другом.

Рост и развитие растений на почво-грунтах, приготовленных на основе осадков сточных вод

Учитывая, что структурно-механические свойства осадков (тиксотропность, липкость, пластичность) обоих карт не позволяют использовать их в качестве почв под посадку растений было принято решение на основе осадков сформировать почвенные субстраты с использованием в качестве структуромодифицирующих компонентов природное органоминеральное (торф) и минеральное (песок) сырье.

Торф – одно из наиболее эффективных природных материалов, используемых в системе биоочистки загрязненных земель. Внесение торфа способствует увеличению емкости поглощения почв, поэтому надежным приемом снижения подвижных металлов в почвах, их поступления в растения является применение торфа. При этом снижается содержание почвенных форм тяжелых металлов, например меди, цинка, кадмия, хрома других. Внесение торфа способствует также стимуляции естественных процессов разложения, которые ускоряют биохимический распад этой компоненты путем повышения биологической активности почв. Эти характеристики и позволяют использовать торф для смешивания с отходами водоотведения и в дальнейшем использовать смесь в качестве почвенного субстрата выращивания растении.

Еще одним структурно-модифицирующим компонентом был выбран песок. Песок характеризуется содержанием фракций более 0,01 см, фактор дисперсности равен 10. В песке наблюдается хороший водный режим, поры крупные, энергично происходит газообмен между почвенным и атмосферным воздухом. Хорошо выражена водопроницаемость, но при этом ничтожна влагоемкость, поглотительная способность мала, содержание азота равно нулю, т. к. отсутствует органика, фосфора присутствуют микродозы.

Для проведения исследований были приготовлены следующие составы почвенных субстратов:

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в данных картах осадков сточных вод

Осадок	Содержание металлов, мг/кг						
	Pb	Cd	Zn	Ni	Cu	Al	Fe
№ 8	80,0	21,3	2428	70,4	609	23100	19500
№ 39	34,9	12,3	3649	45,3	546	28800	14500
ПДК	20	2,0	100	85	55	–	–

Лабораторные исследования проводились по следующей схеме:

Опыт № 1 – СО№ 8(30%) + П(70%) – салат
СО№ 18(50%) + П(50%) – салат
СО№ 18(70%) + П(30%) – салат
Опыт № 3 – СО№ 39(30%) + П(70%) – салат
СО№ 39(50%) + П(50%) – салат
СО№ 39(70%) + П(30%) – салат
Опыт № 5 – СО№ 18(30%) + П(70%) – петрушка
СО№ 18(50%) + П(50%) – петрушка
СО№ 18(70%) + П(30%) – петрушка

Опыт № 2 – СО№ 18(30%) + П(70%) – салат
СО№ 8(50%) + П(50%) – салат
СО№ 18(70%) + П(30%) – салат
Опыт № 4 – СО№ 8(30%) + П(70%) – петрушка
СО№ 8(50%) + П(50%) – петрушка
СО№ 8(50%) + П(50%) – петрушка
Опыт № 6 – СО№ 39(30%) + П(70%) – петрушка
СО№ 39(50%) + П(50%) – петрушка
СО№ 39(70%) + П(30%) – петрушка

В качестве контрольной пробы использовали смесь торфа и песка взятых в соотношении 50:50.

Температура в период выращивания находилась в пределах 18–22 °С.

Результаты исследований и их обсуждение

Остановимся на физической и химической характеристике полученных субстратов. При добавлении осадков в торфопесчаный субстрат происходит взаимная компенсация pH среды (кислой торфа и щелочной осадков сточных вод) и усреднения физико-химических свойств смеси, состоящей из трех компонентов с противоположными физическими и физико-химическими показателями (легкого гранулометрического состава и низкой влагоемкостью песка, тяжелого гранулометрического состава осадка сточных вод, высокой влагоемкостью торфа). Торф, в свою очередь привносит в смесь органические вещества. При смешивании этих трех компонентов становится благоприятной pH среды, т.к. при смешивании торфа с кислой средой и осадков со щелочной происходит нейтрализация (pH 6,25).

При смешивании торфа, песка и осадков происходит усреднение физико-химических свойств в 3-х компонентах смеси с противоположными физическими показателями.

Осадки сточных вод обогащают торфопесчаную смесь небольшим количеством зольных элементов, в том числе микроэлементов.

В то же время необходимо было уделить особое внимание содержанию тяжелых металлов в почво-грунтах с включением в их состав осадков (табл. 3).

Тем не менее, несмотря на наличие тяжелых металлов во вновь полученных субстратах, возможно рассмотрение вопроса о пригодности этих веществ в качестве почво-грунтов для растений, так как те же самые тяжелые металлы, содержащиеся в осадках сточных вод при меньших концентрациях, являются микро и даже макроэлементами, необходимыми для нормального роста и развития растений.

Характер влияния структурно-механических и химических свойств почво-грунтов, полученных на основе осадков сточных вод с разной предисторией их обработки, оценивали в ходе лабораторных исследований специфики естественного роста растений. При этом для установления оптимального состава почво-грунта использовали метод биотестирования, предусматривающий сравнение всхожести и роста тестовых культур (салат, петрушка) на фоновой незагрязненной почве по сравнению с почвогрунтами, полученными на основе осадков сточных вод.

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов и подвижных форм железа в различных видах почво-грунтов

Виды почво-грунтов	Нормативный документ на методы исследований (испытаний)							
	ГОСТ 5180-84		ПНДФ 16.1.2.2.2.3.36-02				ГОСТ 27395-87	
	Гигроскопическая влага	Физическая глина (частицы < 0,01 мм)	Cd общий	Fe общее	Fe^{+2}	Fe^{+3}	Fe^{+2}	Fe^{+3}
	%		мг/кг				%	
№ 8 СО(30%)/П(70%)	7,9	7,6	2,65	3910,4	8,0	6,2	0,0185	0,0160
№ 8 СО(50%)/П(50%)	8,8	8,1	3,31	4143,0	6,1	4,4	0,0206	0,0055
№ 8 СО(70%)/П(30%)	3,0	5,3	2,01	7374,0	162,0	130,0	0,1977	0,2349
№ 39 СО(30%)/П(70%)	7,4	–	2,18	3472,9	12,0	10,3	0,0171	0,0028
№ 39 СО(50%)/П(50%)	8,5	–	3,45	4252,8	12,0	9,9	0,0238	0,0109
№ 39 СО(70%)/П(30%)	6,7	–	4,36	5379,5	30,0	24,7	0,0618	0,0235
Контроль	8,0	6,9	< 0,05	2655,3	1,7	0,9	0,0054	0,001

Таблица 4

Концентрация содержания тяжелых металлов в растениях в сравнении с нормами ПДК

Наименование тяжелых металлов	Ед. измерения	Норма ПДК	Результаты испытаний
Свинец	мг/кг	не более 0,5	менее 0,04
Мышьяк	мг/кг	не более 0,2	менее 0,02
Ртуть	мг/кг	не более 0,02	менее 0,002

Рис. 1

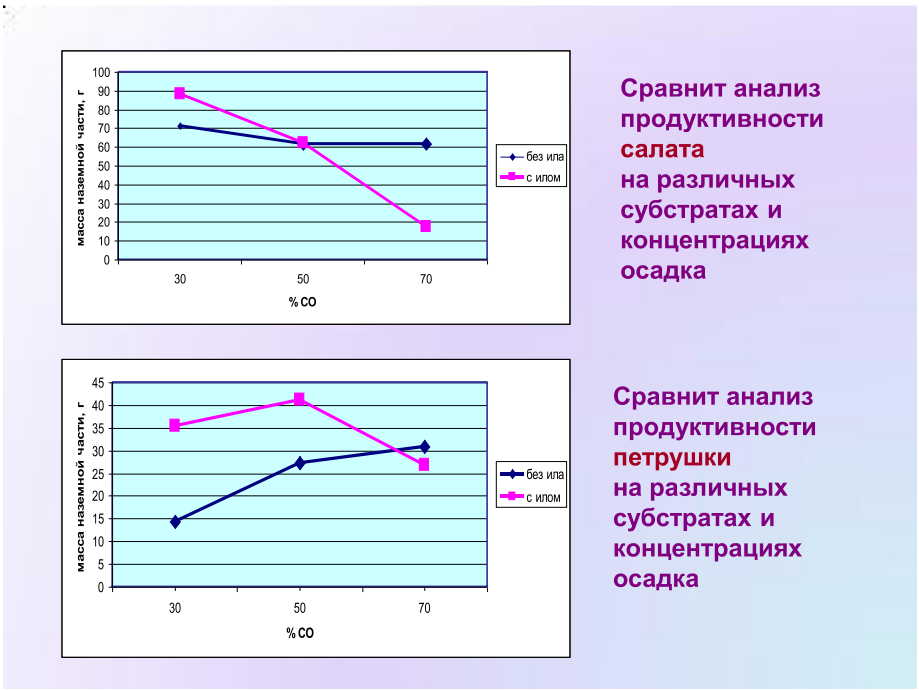

Рис. 2

Эксперименты по выращиванию сельскохозяйственных культур проводили следующим образом: смесь почво-грунта помещали в торфяные горшочки и высевали тест-культуру. Культивирование салата и петрушки проводили с трехкратной повторностью, чтобы избежать случайных ошибок.

В процессе экспериментов оценивали биологическую активность почво-грунтов для чего:

– контролировали время появления всходов, их количество, длину наземной части;

– по окончании опыта растения отделяли от земли и измеряли окончательно длину наземной части растения и длину корней, а также оценивали характер корней (короткие, длинные, густые, редкие).

– произвели расчет отношения массы наземной части корня к подземной.

– дополнительно анализировали содержания тяжелых металлов в растительных образцах и растительных образцах (табл. 4).

Различную всхожесть семян на различных субстратах можно объяснить изменением водно-физических свойств под воздействием сухого осадка, который был взят в различных соотношениях к почве. Это привело к широкому разбросу в сроках появления всходов и периодов времени от начала до завершения их появления.

В целом, предварительные поисковые исследования позволяют дать предварительную оценку реакции растений на действие сухого осадка с содержанием ила и без него, которая касается начального их развития. Тем не менее, полученные результаты позволяют сказать, что реакция растений на различное содержание осадка с илом и без него определяется видовой спецификой [5, 6]. Изменение его концентрации в почве в достаточно широких пределах оказывает влияние по срокам появления всходов и числу проросших семян от стимуляции (салат- без ила 30, 50, 70%, с илом 30 и 50%, относительно контроля) до ингибирования (салат с илом-70% относительно контроля). При более поздних сроках оценки всхожести на количество растений в вазонах оказывает влияние, наряду с появлением новых всходов, начинающийся выпад (гибель) сеянцев. Результаты подсчетов в этот период свидетельствуют уже не столько о всхожести в целом, сколько об их выживаемости. Выживаемость всходов в опытных вариантах была выше, чем в контроле.

Основные результаты представлены на рис. 1 и 2.

Заключение

1. Осадки с разных карт депонирования характеризуются разной агрохимической ценностью и различной степенью экологической опасности;

2. Агрохимическая характеристика осадка свидетельствует о целесообразности использования его в качестве удобрения;

3. Наиболее оптимальное соотношение – 30–50% осадка в почво-грунте. В этом случае урожайность овощных культур на опытных вариантах при прямом действии осадка сточных вод увеличивается на 17% (салат), на 30% (петрушка);

4. Осадок сточных вод, вносимый под сельскохозяйственные культуры, не влияет на накопление тяжелых металлов.

Список литературы

1. Русаков Н.В., Великанов Н.Л., Тонкошей Н.И., Кратов И.А., Кураев В.Н., Лементарева Н.Ф., Воронина Л.А. Эколого-гигиенические основы применения осадков сточных вод в качестве удобрения в лесном хозяйстве (на примере г. Куровское) // Интенсиф. выращивания лесопосадоч. матер., 1996. – С. 115–116.

2. Белая О.П. Об удобрительных свойствах ОСВ // В сб.: Мелиорация водное хозяйство – М.: Урожай, 1968. – С. 43–48.

3. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. // СанПин 2.1.7.573.-96 – М.: Минздрав России, 1997. – 57 с.

4. Химия промышленных сточных вод под ред. А. Рубина. – М.: Химия, 1983. – С. 245–248.

5. Канунникова Т.В. Агроэкологическое использование осадков сточных вод в качестве удобрения в Центральном Черноземье: Автореф. дис. канд. с.-х. наук: 11.01.01 / – Курск, 2000. – С. 21.

6. Чеботарев Н.Г., Колесниченко А.В. Опыт использования осадков сточных вод на удобрения в условиях Московской области // Влияние химиз. земледелия на содержание тяжелых металлов в почвах с.-х. угодий и продукции растениеводства. – М., 1988. – С. 110–115.