

**Биотестирование токсичности осадков сточных вод  
по проросткам растений-индикаторов**

**Бугаенко Т.А.**

экология

11 «а» класс, МБУ «Школа №41» г.о. Тольятти Самарской области

Научный руководитель: Давыдова И.В., учитель биологии МБУ «Школа №41»  
г.о.Тольятти Самарской области

Научный консультант: Загорская Е.П., кандидат биологических наук, доцент  
кафедры "Химическая технология и ресурсосбережение" Тольяттинского  
государственного университета

**1. Введение**

Интенсивный рост промышленности и увеличение выброса отходов захватывает все больше жизненного пространства, нанося колоссальный вред здоровью людей. Человечество вплотную подошло к необходимости принимать экстренные меры для восстановления естественного баланса в биосфере при помощи внедрения современных технологий, дающих возможность полной утилизации разных видов отходов и восстановлению исходных свойств экосистем планеты. Отходы химических предприятий, образующиеся в виде илового осадка после очистки остатков сточных вод (ОСВ), являются большой проблемой городов. Социально-экологический аспект данного вопроса заключается в катастрофическом расширении площадей под хранение ОСВ, в заражении почвы, наземных и подземных вод бактериями, в распространении газов в воздухе.[10]

Осадки сточных вод – сложная многокомпонентная система, состоящая из органической и минеральной частей. Качество иловых осадков в основном зависит от нормы водоотведения, развития и характера промышленности, эффективности работы локальных очистных сооружений предприятий, от состава городских очистных сооружений. Токсичность и опасность таких

осадков заключается в том, что в некоторых из них содержатся тяжелые металлы. [7].

В настоящее время все большую актуальность приобретают работы по изучению токсичности ОСВ, вариантов их очистки с целью дальнейшего применения. Вторичное использование иловых осадков в качестве ценного органоминерального продукта, полученного из бросового сырья, будет способствовать не только развитию сельского хозяйства, но и спасению Земли от экологической катастрофы.

Цель: оценить токсичность иловых осадков, взятых с территории химического предприятия по выпуску удобрений.

Задачи:

1. Изучить химический состав водной вытяжки из иловых осадков по следующим показателям: рН среды, содержание ионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ .
2. Измерить массовые доли веществ, содержащихся в иловых осадках, с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра.
3. Прорастить семена кресс-салата на средах с различным содержанием иловых осадков.

Гипотеза: иловые осадки с территории химического предприятия вредны для окружающей среды из-за своей токсичности.

Предмет исследования: осадки сточных вод, взятые с территории химического производства по выпуску удобрений.

## 2. Обзор литературы

В настоящее время большая часть образующихся осадков сточных вод после соответствующей обработки не используется в виде сырья или продукции. Основной объем осадка в качестве отходов IV или V класса опасности депонируется на объектах размещения отходов. При этом предприятия несут колоссальные транспортные расходы, осуществляют плату за размещение и негативное воздействие на окружающую среду. В то время как после обработки в соответствии с установленными гигиеническими требованиями, осадки сточных вод могут быть широко использованы

в сельском хозяйстве, дорожном строительстве, городском благоустройстве и в качестве сырья для строительных материалов. [11]

Согласно ГОСТ Р 17.4.3.07–2001 «Охрана природы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений» допускается использовать в качестве удобрений осадки, образующиеся в процессе очистки хозяйственно-бытовых, городских, а также близких к ним по составу производственных сточных вод и продукцию (удобрения) на основе осадков. Использованию подлежат осадки, прошедшие технологические стадии обработки на очистных сооружениях канализации в целях снижения массы, объема, влажности, улучшения физико-механических свойств, стабилизации органических веществ, снижения запаха, обеззараживания, придания благоприятного товарного вида. [11]

Исследования применения ОСВ показывают их высокую результативность. Во ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова и других институтах в течение многих десятилетий ведутся исследования по рациональному использованию на удобрение осадков сточных вод станций аэрации г. Москвы, а также других городов и населенных пунктов. На их основе разработана и опубликована «Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрокультуре» (2002 г.), в которой принимали участие также специалисты НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды имени А.Н. Сысина, Института медицинской паразитологии и тропической медицины имени Е.И. Марциновского, зарубежные ученые. [3]

Проведенные в 2005–2017 годах в ОПХ Волжского НИИ гидротехники и мелиорации исследования по использованию ОСВ очистных сооружений г. Энгельса в качестве органического удобрения на темно-каштановых, среднесуглинистых орошаемых почвах показали высокий агроэкономический эффект и регламентированное их внесение не представляет экологической опасности. Внесение ОСВ в качестве органического удобрения оказало положительное действие на содержание доступного азота в почве опытного участка, обеспечило прибавку урожая выращиваемых культур. Кроме того,

в год внесения ОСВ в почву резкого изменения содержания тяжелых металлов в почве на всех вариантах опыта не было выявлено. В то же время ОСВ образуются с участием промышленных сточных вод и могут содержать некоторые минеральные загрязнения. К таким загрязнениям относятся металлосодержащие микрокомпоненты (тяжелые металлы) и мышьяк. Но в осадках, сформированных в последние 15 лет, выявлена тенденция снижения концентраций тяжелых металлов и мышьяка. [6]

Леонид Убугунов – директор Института общей экспериментальной биологии Сибирского отделения РАН, почвовед–агрохимик, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки России много лет занимался проблемами осадков городских сточных вод. «Только в России за год образуется более семи миллиардов тонн отходов, в том числе 30 миллионов тонн составляют осадки городских сточных вод. Это канализационные и промышленные отходы, которые складываются в городской черте и пригородной зоне, представляя собой огромные залежи. Отходы населения загрязняют природу и пагубно влияют на здоровье человека. Поэтому перед человечеством стоит актуальная задача – утилизация данных отходов и их вторичное использование в промышленности и сельском хозяйстве. Осадки городских сточных вод можно использовать в виде удобрений, как это уже делают во всём мире. ОСВ могут использоваться не только в сельском хозяйстве, но и в лесопитомниках при выращивании саженцев и вноситься как удобрение при высадке этих саженцев и деревьев в грунт». [9]

В Институте катализа СО РАН впервые разработан метод каталитической утилизации иловых осадков коммунальных сточных вод – одного из наиболее требовательных и сложных в утилизации видов отходов – с одновременной выработкой энергии для местного теплоснабжения. Метод подразумевает сжигание канализационных илов в кипящем слое катализатора и при этом позволяет исключить большинство недостатков традиционных способов их утилизации. Данная разработка уже перешла в стадию внедрения:

спроектирован специализированный комплекс утилизации иловых осадков очистных сооружений для ОАО «Омскводоканал». [3]

Отечественный и зарубежный опыт использования осадка сооружений биологической очистки сточных вод свидетельствует о перспективности способа его утилизации в качестве удобрения при отсутствии токсичных примесей, в частности, соединений тяжелых металлов. В Германии, например, из 50 млн.т ежегодно образующихся осадков в качестве удобрения используется примерно 30 %, депонируется до 60 % и сжигается не более 10%. В Нидерландах, при ежегодном количестве 5,5 млн.т ила до 70 % используется в качестве удобрения. Определенный опыт такой утилизации имеется в Швейцарии, Индии и других странах. [8].

В странах ЕС приняты национальные документы по обращению с осадками сточных вод, а также имеется устойчивая тенденция к сокращению захоронения и сжигания осадка в пользу повторного использования осадка в виде удобрений, почвогрунтов, компостов. [11]

### **3. Методы исследования**

1. ПНД Ф 14.1;2;3;4.121-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений рН в водах потенциометрическим методом. [2,5]
2. Методика измерений массовой доли Al, Si, P, Ca, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Cd, Sn, Pb в смазочных маслах рентгеноспектральным методом с применением энергодисперсионных рентгенофлуоресцентных спектрометров типа EDX фирмы Shimadzu. М-02-2807-12.
3. Методика качественного химического анализа. [4]
4. Метод отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. [2]
5. Исследование загрязнений почвы с помощью анализа роста и развития биоиндикатора кресс-салат. Этот биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и хорошей всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей. [1]

В качестве субстрата для проращивания семян кресс-салата была взята почва из лесной зоны города Тольятти; иловые осадки с химического предприятия по выпуску удобрений, образовавшиеся в процессе биологической очистки, нитрификации и денитрификации.

Проба 1 – 1 часть ила:1 часть почвы;

Проба 2 - 1 часть ила:2 части почвы;

Проба 3 – 2 части ила: 1 часть почвы.

#### 4. Основная часть

Все опыты и измерения проводились в Тольяттинском государственном университете, на базе лаборатории кафедры «Химическая технология и ресурсосбережение».

##### 4.1. Приготовление водной вытяжки и определение pH среды

В ходе фильтрации получилось 30 мл водной вытяжки из илового осадка с высокой цветностью, представляющей собой прозрачную темно-коричневую жидкость. Вытяжка из илового осадка имеет показатель pH=8,55, что соответствует щелочной среде.

##### 4.2. Качественный химический анализ водной вытяжки

Таблица 1. Содержание ионов  $Cl^-$  в вытяжке иловых осадков

Осадок	Содержание $Cl^-$	
	мг на 100 см <sup>3</sup> вытяжки	г на 100 г почвы, %
Большой хлопьевидный	>10	Десятые доли
Сильная муть	5-10	Сотые доли
Опалесценция	0,1-1	Тысячные доли

В процессе реакции образовался большой хлопьевидный осадок, это показывает, что в водной вытяжке содержатся ионы хлора в количестве >10 Мг на 100 см<sup>3</sup> вытяжки/десятые доли г на 100 г почвы, %. (таблица 1)

Таблица 2. Содержание ионов  $SO_4^{2-}$  в вытяжке иловых осадков

Осадок	Содержание $SO_4^{2-}$	
	Мг на 100 см <sup>3</sup> вытяжки	г на 100г почвы, %
Большой, быстро оседающий на дно	50	Десятые доли
Муть, появляющаяся сразу	1-10	Сотые доли
Медленно появляющаяся слабая муть	0,5-1	Тысячные доли

В процессе реакции сразу появлялась муть, это показывает, что в водной вытяжке осадка содержатся серноокислые соли в количестве 1-10 мг на 100 см<sup>3</sup> вытяжки/сотые доли г на 100 г почвы, %. (таблица 2)

Таблица 3. Содержание ионов  $Ca^{2+}$  в вытяжке иловых осадков

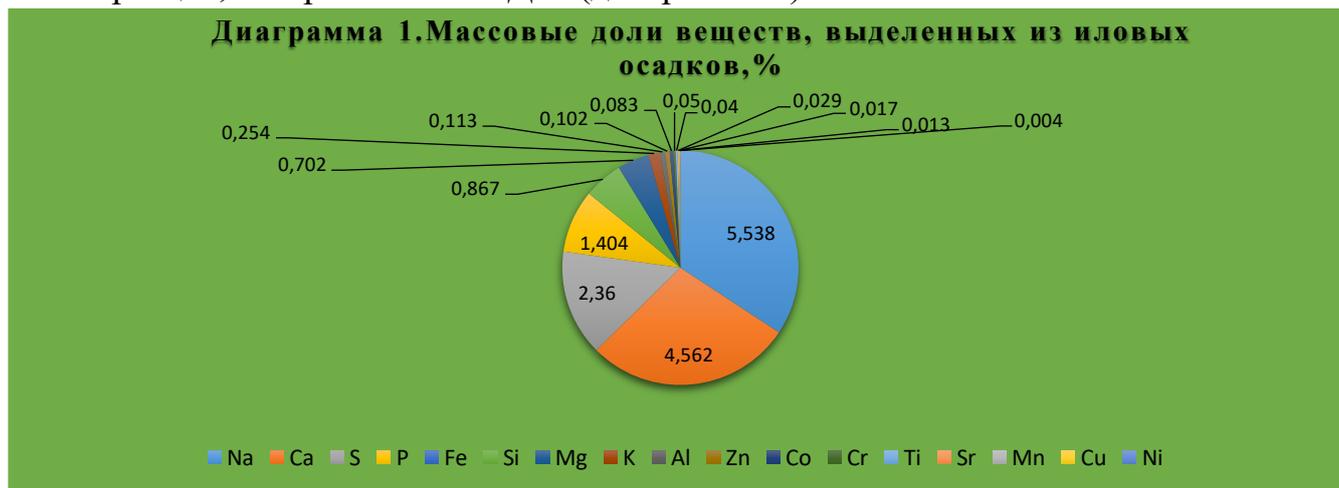
Осадок	Содержание $Ca^{2+}$	
	мг на 100 см <sup>3</sup> вытяжки	г на 100г почвы, %
Большой, выпадающий сразу	50	Десятые доли
Муть, выделяющаяся при перемешивании	1-10	Сотые доли
Слабая муть, выделяющаяся при стоянии	0,1-1	Тысячные доли

В процессе реакции появилась слабая муть, которая выделилась при стоянии, это показывает, что в водной вытяжке осадка присутствует кальция в количестве 0,1-1 мг на 100 см<sup>3</sup> вытяжки/тысячные доли г на 100 г почвы, %. (таблица 3).

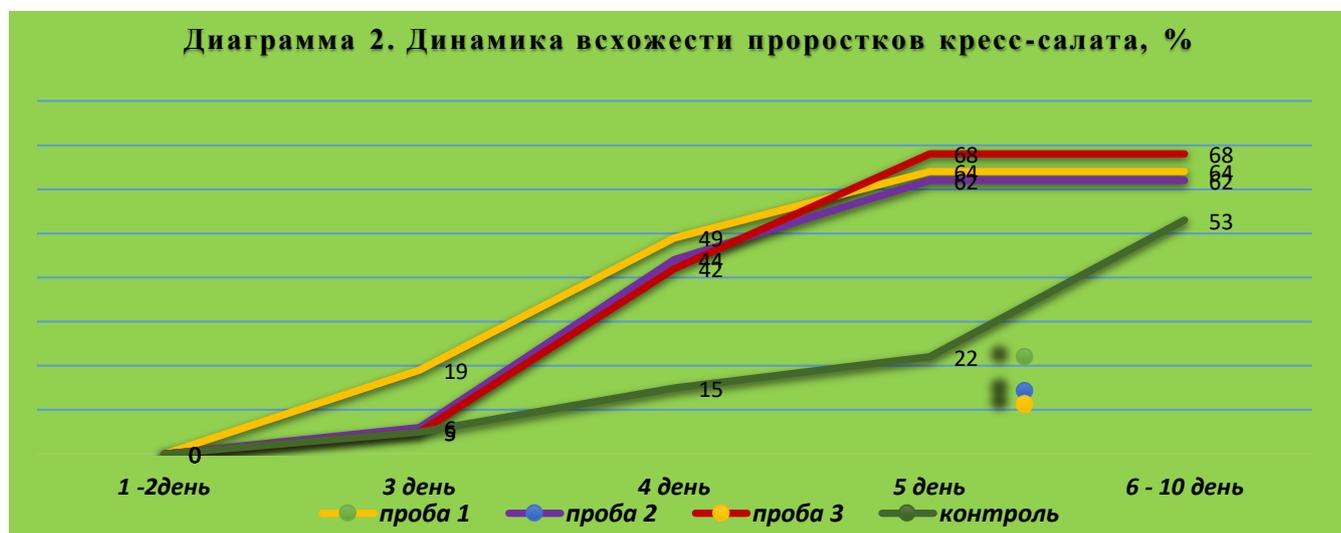
В пробе на  $NO_3^-$  цвет водной вытяжки осадка остался неизменным, это свидетельствует о том, что нитратов не обнаружено.

#### 4.3. Измерение массовых долей веществ рентгеноспектральным методом с применением энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра типа EDX фирмы Shimadzu

Иловые осадки содержат биогенные элементы натрия, кальций, сера, фосфор, которые находятся в большем количестве относительно других элементов. Химические элементы, в том числе тяжелые металлы, полученные из образцов, не превышают ПДК. (диаграмма 1).



#### 4.4. Определения токсичности иловых осадков методом биотестирования



Динамика всхожести проростков кресс-салата показывает, что наибольшая всхожесть наблюдается у пробы №3 (2 части илового осадка, 1 часть почвы). Наличие илового осадка способствует более интенсивной всхожести семян кресс-салата и развитию проростков относительно контрольных образцов. Более высокое процентное содержание ила в пробах 1 и 3 благотворно влияет на проростки. (диаграммы 2,3).



## 5. Выводы

1. Вытяжка иловых осадков имеет щелочную среду.
2. Содержание ионов  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  в водной вытяжке не превышает предельно допустимых концентраций.
3. Высушенные иловые осадки в наибольшем количестве содержат биогенные элементы Na, Ca, S, P.
4. Количество тяжелых металлов не превышает ПДК.
5. Наличие илового осадка способствует более интенсивной всхожести семян кресс-салата и развитию проростков относительно контрольных образцов.

## 6. Заключение

Анализ иловых осадков с территории городского химического предприятия, выпускающего удобрения, показал, что они не являются токсичными. Все вещества, присутствующие в них, находятся в пределах допустимой нормы, тяжелых металлов, способных нанести вред живым организмам, не выявлено. Гипотеза не подтвердилась. Данные иловые осадки могут быть использованы как удобрения для плантаций деревьев и лесонасаждений, любых общественных зон и рекультивации земель. Однако, применение иловых осадков в качестве удобрений на пашнях, для плодовоовощных культур, плодовых деревьев, возможно только после обязательной стабилизации и обеззараживания от патогенных микроорганизмов, поскольку растения, являющиеся продуктами питания, могут накапливать в своих органах различные вещества.

## 7. Список литературы

1. Г.А. Нечаева, Е.И. Федорос . Экология в экспериментах. Изд-во «Вентана-Граф» 2007, стр.107
2. «Кафедра химии. ЭКОЛОГИЯ. Методические указания к лабораторным работам Иваново. 2004. Методические указания предназначены для студентов всех специальностей, изучающих курс экологии».
3. Крупнова Т.Г., Кострюкова А.М., Машкова И.В. Обзор современных технологий обработки осадков городских сточных вод // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2014. № 7 [Электронный ресурс]. URL: <http://agro.snauka.ru/2014/07/1549> (дата обращения: 07.02.2019)
4. Мониторинг почвенного покрова: Методические указания по выполнению лабораторных работ / Составители: В.Г.Еремеева, О.В.Плешакова, С.А.Эмралиева. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2012. – 23 с.
5. ПНД Ф 14.1;2;3;4.121-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений рН в водах потенциометрическим методом.
6. Симиренко В.И. Асеева Л.И. Влияние илового осадка сточных вод на рост и развитие ячменя //Применение удобрений микроэлементов и регуляторов роста растений в сельском хозяйстве. – Ставрополь. – 1989. – с.31-34.
7. Хисамеева Л.Р., Селюгина А.С., Абитов Р.Н., Бусарев А.В., Урмитова Н.С. О-23 Обработка осадков городских сточных вод: учебное пособие/Л.Р. Хисамеева, А.С. Селюгин, Р.Н. Абитов, А.В. Бусарев, Н.С. Урмитова.–Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та,2016. –105с.
8. Krause R. Технология утилизации канализационных осадков в сельском хозяйстве //Korrespond. Abwasser. – 1986 – 33. №8. – с.696-672.
9. <https://www.infpol.ru/203868-stochnye-vody-eto-po-suti-besplatnoe-i-samoe-glavnoe-neistoshchimoe-syrye/> (дата обращения: 05.02.2019).
10. <https://greenologia.ru/othody/utilizaciya-i-pererabotka/ilovogo-osadka.html> (дата обращения: 02.02.2019).
11. [http://agrarian.council.gov.ru/activity/activities/other\\_activities/79450/](http://agrarian.council.gov.ru/activity/activities/other_activities/79450/) (дата обращения: 01.02.2019).