

## Сельскохозяйственные науки

УДК 574.42; 633.3

### **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР<sup>3</sup>**

**Н.Т. Чеботарев**, ФГБНУ НИИСХ Республики Коми (Сыктывкар, Россия), E-mail: audin@rambler.ru;

**Н.Д. Найденов**, Сыктывкарский филиал Российского университета кооперации (Сыктывкар, Россия), E-mail: ND.Naidenov@mail.ru;

**А.А. Юдин**, ФГБНУ НИИСХ Республики Коми (Сыктывкар, Россия), E-mail: audin@rambler.ru.

**Аннотация.** В статье показаны результаты опытов по изучению влияния осадков сточных вод на продуктивность картофеля и ячменя, качество клубней и зерна, накопление тяжелых металлов в почве и растениях, а также на плодородие почвы при их использовании как удобрения. Выводы: осадки сточных вод следует использовать только для удобрения земель, которые используются в выращивании растений непродовольственного назначения (газоны, цветники, питомники и др.). Применение осадков сточных вод при возделывании сельскохозяйственных культур, предназначенных на кормовые и продовольственные цели, категорично запрещается ввиду избыточного накопления тяжелых металлов в продукции и почве.

**Ключевые слова:** осадки сточных вод, удобрения для сельскохозяйственных культур, тяжелые металлы, торф, навоз, птичий помет, ячмень, картофель.

#### **Введение**

В экономической литературе возрастание актуальности и в теории и на практике экологических проблем объясняется ростом потребления. Все блага условно делятся на обычные и экологические. По мере роста потребления обычных благ и услуг ценность экологических благ снижается. И наоборот. Интересы устойчивого экологически безопасного развития требуют сохранения природной среды и ее передачи будущим поколениям в неумещаемом размере. Отсюда вытекает стратегия устойчивого развития, основанная на снижении антропогенного воздействия на природную среду.[1, 176.]. Между тем усиливается тенденция во взаимоотношениях производства и природной среды, основанная возмещении взятых у природы ресурсов, на рециклинговых технологиях. Рециклинг предполагает взятие и у природы ресурсов и возмещение их. Примером рециклинга может быть использование осадков сточных вод для целей улучшения земель и удобрений сельскохозяйственных культур. В связи с усиливающимся антропогенным воздействием на агроэкологическую систему возрастает интерес к системам удобрения, которые основаны на рециклинге осадков сточных вод. Главным доводом служит рециклинга осадков сточных вод является защита от загрязнения окружающей среды.

Цель статьи: показать результаты опытов по изучению влияния осадков сточных вод при их использовании как удобрения на продуктивность картофеля и ячменя, качество

<sup>3</sup> Рецензенты: А.В. Андронов, доцент филиала Санкт-Петербургского государственного экономического университета в г. Сыктывкар (Сыктывкар, Россия); Б.Я. Брач, профессор Сыктывкарского государственного университета им. Питиримы Сорокина, доктор химических наук (Сыктывкар, Россия).

клубней и зерна, накопление тяжелых металлов в почве и растениях, а также на плодородие почвы.

При написании статьи использованы работы Голуба А.А., Канунниковой, В. Касатикова, Х.Х. Сюняева, Стуковой Е.Б., В. Фатеева, и др.[1-4]

### **Материалы и методы**

Мировая тенденция устойчивого экологического развития – возвращение отходов в хозяйственный кругооборот. По данным В. Касатикова, В. Фатеева, О. Кагиной благодаря внесению осадков сточных вод и компостов удается экономить на минеральных удобрениях до 600-1000 рублей на га [Касатиков, 4].

Возникающие при использовании осадков экологические проблемы изучаются во многих научных учреждениях США, Канады, стран Западной Европы, а также Российской Федерации, Украины и Белоруссии. Во многих странах разработаны соответствующие рекомендации по применению осадков сточных вод и компостов с учётом выполнения требований экологической безопасности [См, например, 2; 6]. Применение осадков сточных вод регламентируется нормативными актами, а также законодательным путём. Опыт применения осадков сточных вод в России и за рубежом требует своего продолжения ввиду потенциально высоких масштабов применения осадков сточных вод и компостов на их основе в российском земледелии.

В 2013 году в Республике Коми было образовано 255,3 млн. тонн отходов, из них использовано 1,6 млн тонн или 0,62 % от общего объема образовавшихся отходов. Основными загрязнителями были предприятия по добыче полезных ископаемых (241,5 млн. тонн), производства и распределения электроэнергии, газа и воды (11,0 млн тонн) обрабатывающего производства (1,5 млн тонн). Наибольшую долю использованных отходов показали предприятия обрабатывающих производств (95,2 % от общего объема), государственное управление и обеспечение военной безопасности, социальное страхование (54,45 %), сельское хозяйство, охота, лесное хозяйство (26,34 %). Наименее низкую долю использованных отходов показали отрасли предоставления прочих коммунальных, социальных и персональных услуг (0,52 % от объема образовавшихся отходов), производство и распределение электроэнергии, газа и воды ( 0,0 %).

В Республике Коми в 2013 году продолжалась реализация долгосрочной целевой программы «Обращение с отходами производства и потребления в Республике Коми (2013-2016 гг)» в составе Государственной программы Республики Коми «Воспроизводство и использование природных ресурсов и охрана окружающей среды Республики Коми» и муниципальных программ по обращению с отходами производства и потребления. В рамках Программы предусматривается комплексный подход к процессу сбора и утилизации всех видов отходов. В рамках Барен-сотрудничества осуществляется взаимодействие Республики Коми, Норвегии и Швеции в области обращения отходов [3, с. 99]. Данные показывают, что уровень оборотного использования отходов в Республике Коми может быть повышен за счет использования осадков сточных вод в качестве удобрений.

Использование осадков сточных вод в качестве удобрений могло бы улучшить ситуацию с внесением удобрений в почву регионе. В 2013 году по сравнению с 1985 годом в Республике Коми внесение минеральных удобрений в почву снизилось в 29,3 раза, внесение органических удобрений снизилось в 11, 5 раза, среднегодовые объемы известкования уменьшились в 14 раз, фосфоритование не проводилось. Если ранее удобрения вно-

сились на 90 % пахотных площадей, то в 2013 году удобрялось 30 % посевных площадей. [3, с.164]

По своей удобрительной ценности осадки сточных вод не уступают подстилочному навозу крупного рогатого скота. Однако есть факторы, ограничивающие их применение. Один из них – наличие в осадках сточных вод солей тяжелых металлов и патогенной микрофлоры. К наиболее общим малоспецифичным проявлениям токсичного действия тяжелых металлов (ТМ) на растения можно отнести торможение роста, хлороз и нарушение водного обмена. Внесение избыточного количества тяжелых металлов может привести к их аккумуляции в почве. Опасность попадания ТМ в грунтовые воды невелика ввиду их низкой растворимости.

Наиболее серьезная проблема, связанная с использованием осадков сточных вод, – возможность аккумуляции тяжелых металлов в почве и растениях. Обладающая высокой катионообменной емкостью, почва способна поглощать повышенные количества тяжелых металлов, поэтому она характеризуется более низкой их активностью по отношению к растениям. Гумус и другие органические вещества могут вступать в реакцию с металлами, в результате которой образуются соединения, снижающие интенсивность их поглощения растениями. Кроме того, известно, что большинство тяжелых металлов теряет свою активность при pH 6,5-7,0. Поэтому их потенциальная активность в удобрениях может быть снижена путем известкования.

Нами проведены опыты по изучению влияния осадков сточных вод на продуктивность картофеля и ячменя, качество клубней и зерна, накопление тяжелых металлов в почве и растениях, а также на плодородие почвы. Исследования проводили на дерново-подзолистой почве, которая имела следующую характеристику: pH (сол.) – 5,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 23,6; K<sub>2</sub>O – 14,5 мг/ 100 г почвы, гидролитическая кислотность 1,1 мг.-экв./100 г почвы, гумус – 2,65 %.

В опыте использовали осадки сточных вод станции аэрации, компосты осадки сточных вод с торфом, навозом, пометом, торфо-навозный (ТНК), торфо-пометный (ТПК) компосты, навоз, птичий помет, осадки сточных вод, Торфо-пометный компост, торфо-навозный компост, торфо-навозный компост с добавлением в него 10% фосфогипса и фосфогипс в дозе 6 т/га. По данным Научно-исследовательского института земледелия Белоруссии, при добавлении к помету 5 % фосфогипса (50 кг на 1 т) потери азота уменьшаются в 6-10 раз, при этом помет приобретает светло-зеленый цвет и полностью исчезает неприятный запах.

Фосфогипс – отход производства сложных удобрений, получаемый при разложении апатита серной кислоты. В нем содержится до 40 % CaO, до 22 % - SO<sub>4</sub>, до 3,5 % - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, до 0,2 % - MgO. Он служит дополнительным источником обменного кальция в почве. Для приготовления компостов применяют его дегидратную форму (CaSO<sub>4</sub>\*2H<sub>2</sub>O). Фосфогипс является отходом при производстве минеральных удобрений и рекомендуется включать в компосты в количестве 10 % общего объема.

Осадки сточных вод вносили в дозах 30,60 и 120 т/га, все остальные органические удобрения – по 60 т/га. Размер опытной делянки – 84 м<sup>2</sup>, учетной -50,4 м<sup>2</sup>. Повторность – четырехкратная. Учет урожая – сплошной, поделяночный. Все наблюдения исследования проводили в соответствии с ОСТ 43-23-74. В первый год возделывали сорта Бирюза, на второй и третий годы – ячмень сорта Московский – 121. Для удобрения использовали

осадки сточных вод после обеззараживания в течение 12 лет на иловых площадках. Компосты готовили при соотношении компонентов 1:1 и выдерживали 5 мес., в течение этого времени массу компостов 4 раза перемешивали механическим способом для усиления аэробного процесса, при котором погибают яйца гельминтов, патогенная микрофлора, а также семена сорняков. Все органические удобрения вносили осенью под зяблевую вспашку.

Анализы почвы и продукции растениеводства, а также определение содержания солей тяжелых металлов проводили на базе Института биологии Коми Научного Центра Уральского Отделения Российской Академии наук.

### **Результаты и их обсуждение**

За три года исследований во всех вариантах опыта, за исключением вариантов с применением осадка в дозах 60 и 120 т/га, не отмечено избыточного накопления тяжелых металлов в почве. Использование осадки сточных вод в дозах 60 и 120 т/га оказало негативное действие на почву: содержание свинца превышало предельно-допустимую концентрацию в 1,1, цинка в 1,9, кадмия в 1,7-2,0 раза.

Уже в первый год экспериментов была получена достаточно высокая эффективность от внесения в почву осадки сточных вод и других органических удобрений. С увеличением доз от 30 до 120 т/га повышалась продуктивность картофеля с 159 до 172 т/га, что на 18,6-28,3 % больше, чем в контроле. Последствие органических удобрений также характеризовалось отчетливым положительным эффектом. Урожай ячменя за два года с повышением дозы ОСВ с 30 до 120 т/га увеличился с 29,9 до 36,7 ц/га. Наибольшая урожайность ячменя получена при использовании ТПК в дозе 60 т/га и составила 40,0 т/га, что превышало контроль на 48,7 %. При использовании органических удобрений в чистом виде, в виде компостов и с добавлением фосфогипса также получены достаточно высокие показатели урожайности этой культуры (33-37,4 ц/га).

Анализы клубней картофеля и зерна ячменя показали, что содержание нитратного азота в клубнях не превышало предельно-допустимую концентрацию и составляло по вариантам 49,2-90,1 мг/кг. В зерне ячменя содержание нитратов колебалось в пределах 41,4-51,2 мг/кг. Основные показатели качества картофеля изменялись незначительно: сухое вещество – 24,9-28,1 %, крахмал 16,4-18,2 %. У ячменя содержание указанных компонентов отмечено на уровне соответственно 89,4-90,5 % и 46,2-50,8 %.

Установлена повышенная концентрация тяжелых металлов в клубнях картофеля. По вариантам опыта с осадки сточных вод содержание цинка превышало предельно-допустимую концентрацию в 1,1-2,0 раза, свинца – в 6,0-9,0, кадмия – в 3-13, хрома – в 7,0-15,0 раз. В зерне ячменя содержание тяжелых металлов превышало предельно-допустимую концентрацию в 1,5-15,0 раз (по свинцу, кадмию, никелю, хрому).

Таким образом, важным дополнительным резервом для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почве могут служить осадки сточных вод (ОСВ). Применение осадков сточных вод и компостов на их основе положительно влияет на агрохимические показатели почвы, способствует интенсивному нарастанию биомассы сельскохозяйственных культур, не ухудшая ее питательные качества. Однако внесение осадков сточных вод в дозах, превышающих 30 т/га, приводит к избыточному накоплению токсичных элементов в сельскохозяйственной продукции и почве, чрезмерному накоплению их в растениях, достаточно высокой подвижности токсичных элементов в почве.

С экономической стороны использования осадков сточных вод заметно, что его экономическая оценка невозможна на основе методологии сопоставления оценки предотвращенного ущерба и затрат на соответствующие мероприятия. В нашем случае затраты делятся на два вида: затраты на выявление и утилизацию, хранение осадков сточных вод, с одной стороны, и затраты на применение осадков сточных вод, - с другой. В качестве результирующей составляющей расчетов целесообразно взять денежную оценку земель до и после внесения осадков сточных вод в почву.

Результаты наших исследований позволяют сделать вывод, что осадки сточных вод следует использовать только для удобрения растений непродовольственного назначения (газоны, цветники, питомники и др.). Применять их при возделывании сельскохозяйственных культур, предназначенных на кормовые и продовольственные цели, категорически запрещено ввиду избыточного накопления ТМ в продукции и почве.

### Литература:

1. Голуб А.А. Экономика природных ресурсов: Учебное пособие для вузов./ А.А. Голуб, Е.Б. Стукова. –М.: Аспект Пресс, 2001. –с.176. -319с 3.Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2013 году. Сыктывкар. ГБУ РК «ТФИ РК», 2014. -199с. Электронный ресурс. Режим доступа: gov.rkomi.ru>content.7564/2014\_07.30\_ГД\_2013.РДІ

2. Касатиков В. Фатеев В. Кагина О. Осадок сточных вод как удобрение: можно ли избежать нежелательных воздействий //Ежедневное аграрное обозрение. Опубликовано 26.07.2008.Электронный ресурс. Режим доступа: <http://agroobzor.ru/ahim/a-118.html>. Дата просмотра 10.12.2015.

3. 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.

4. Сюняев Х.Х., Слипец А.А., Тютюнькова М.В. Технология и экономика почвенного пути утилизации осадков сточных вод с иловых площадок. Естествознание и гуманизм. Сборник научных работ. Т.2, №4. /Под ред. Н.Н. Ильинских. – Томск: СибГМУ, 2005. – с. 41.



Chebotarev N.T., Najdenov N.D., Judin A.A. Agroekologicheskaja ocenka primenenija osadkov stochnyh vod v kachestve udobrenij sel'skhozajstvennyh kul'tur // Nauka. Mysl'. - № 1-2. – 2016.

© Н.Т. Чеботарев, 2016.

© Н.Д. Найденев, 2016.

© А.А. Юдин, 2016.

© «Наука. Мысль», 2016.



Abstract. The paper shows the results of experiments on study of the effect of sewage sludge on a potato and barley, tuber and grain quality, the accumulation of heavy metals in the soil and plants, as well as on the soil fertility when they are used as fertilizers. Conclusions: sewage sludge should be used only for land fertilizers, which are used in the cultivation of plants for

non-food purposes (lawns, flower gardens, nurseries, etc.). The use of sewage sludge in the cultivation of crops intended for feed and food purposes is categorically prohibited due to excessive accumulation of heavy metals in products and soil.

Keywords: sewage sludge, fertilizer for crops, heavy metals, peat, manure, bird droppings, barley, potato.

. — ● —

### Сведения об авторе

Николай Тихонович **Чеботарев**, старший научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Сыктывкар, Россия).

Николай Дмитриевич **Найденев**, профессор кафедры экономики управления, доктор экономических наук, профессор, Сыктывкарский Филиал Российского университета кооперации (Сыктывкар, Россия).

Андрей Алексеевич **Юдин**, заместитель директора, кандидат экономических наук, доцент, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Сыктывкар, Россия).

— ● —

Подписано в печать 30.01.2016.  
© Наука. Мысль, 2016.