

5. Методика опытов на сенокосах и пастбищах / ВНИИК им. В. Р. Вильямса. – Москва: Агропромиздат, 1971. – 232 с. – Текст: непосредственный.

6. Писковацкий, Ю. М. Агротехника возделывания сортов люцерны селекции ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса на семенные и кормовые цели: рекомендации / Ю. М. Писковацкий, В. М. Косолапов, Г. В. Степанова [и др.]. – Москва: ФГУ РЦСК, 2008. – 39 с. – Текст: непосредственный.

7. Голобородько, С. П. Люцерна / С. П. Голобородько, Н. Н. Лазарев. – Москва: РГАУ-МСХА, 2009. – 420 с.

8. Гончаров, П. Л. Кормовые культуры Сибири: Биолого-ботанические основы возделывания / П. Л. Гончаров. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1992. – 264 с. – Текст: непосредственный.

9. Григорьев, Н. Г. Оценка питательности кормов по обменной энергии / Н. Г. Григорьев. – Текст: непосредственный // Резервы кормопроизводства. – Москва, 1987. – 256 с.

2. Kormoproizvodstvo: problemy i puti resheniya // RASKhN, MSKhRF, GNU VNIIEK im. Vilyamsa. – Moskva: FGNU «Rosinformagrotekh», 2007. – 424 s.

3. Modina T.D. Klimaty Respubliki Altay / T.D. Modina. – Novosibirsk, 1997. – 102 s.

4. Pochvy Gorno-Altayskoy avtonomnoy oblasti / R.V. Kovaleva V.A. Khmelev, V.I. Volkovintser, S.R. Kovaleva i dr.; otv. red. R.V. Kovalev. – Novosibirsk: Nauka, Sib. otd., 1973. – 351 s.

5. Metodika opytov na senokosakh i pastbishchakh. VNIIEK im. V.R. Vilyamsa. – Moskva: Agropromizdat, 1971. – 232 s.

6. Piskovatskiy Yu.M., Kosolapov V.M., Stepanova G.V. i dr. Agrotehnika vozdelevaniya sortov lyutserny seleksii VNIIEK im. V.R. Vilyamsa na semennye i kormovye tseli: rekomendatsii. – Moskva: FGU RTsSK, 2008. – 39 s.

7. Goloborodko S.P., Lazarev N.N. Lyutserna / S.P. Goloborodko, N.N. Lazarev. – Moskva: RGAU-MSKhA, 2009. – 420 s.

8. Goncharov P.L. Kormovye kultury Sibiri: biologo-botanicheskie osnovy vozdelevaniya / P.L. Goncharov. – Novosibirsk: Izd-vo Novosib. unta, 1992. – 264 s.

9. Grigorev N.G. Otsenka pitatelnosti kormov po obmennoy energii / N.G. Grigorev // Rezervy kormoproizvodstva. – Moskva, 1987. – 256 s.

References

1. Zotov A.A. i dr. Agroenergeticheskaya otsenka sozdaniya seyanykh travostoev / A.A. Zotov, D.M. Teberdiev, Z.Sh. Shamsutdinov // Kormoproizvodstvo. – 2002. – No. 2. – S. 13-15.



УДК 631.6.02

Ю.В. Чепрунова, А.В. Тингаев, Р.П. Воробьева,
В.Б. Шепталов, А.С. Давыдов
Yu.V. Cheprunova, A.V. Tingayev, R.P. Vorobyeva,
V.B. Sheptalov, A.S. Davydov

ВЛИЯНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕНА ОВСА ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

THE INFLUENCE OF SEWAGE SLUDGE ON OAT HAY YIELD AT BIOLOGICAL RECULTIVATION OF THE MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL

Ключевые слова: рекультивация, осадки сточных вод, полигон, твердые бытовые отходы, норма внесения, овес.

Keywords: recultivation, sewage sludge, landfill, solid waste, application rate, oats.

Вместе с увеличившимися объемами отходов растет количество полигонов. Переполненные полигоны закрываются, и требуется их последующая рекультивация. При биологической рекультивации полигонов ТКО необходимы значительные объемы грунта. Возможным решением данной задачи по рекультивации нарушенных земель может стать использование осадков сточных вод городских очистных сооружений. Для выявления влияния осадка сточных вод на сено овса рекультивируемых земель полигона был заложен модельный опыт, который был проведен в вегетационных сосудах, где в качестве однолетних трав выращивали овес на зеленую массу. На основании модельного опыта установлено, что применение осадка сточных вод разными нормами способствовало увеличению урожайности в сравнении с контролем. Выращивание овса в вегетационном опыте в варианте применения ОСВ обеспечивало урожайность надземной биомассы на 33,5% выше контроля. Прибавка урожая надземной биомассы овса от смешанного варианта на 12,6% выше, чем на контроле. В полученных растительных образцах были проведены лабораторные исследования на содержание тяжелых металлов и питательность продукции. Внесение осадка сточных вод в почву не привело к существенному изменению агрохимических показателей и существенному увеличению содержания тяжелых металлов. На основании выполненных исследований можно заключить, что осадок сточных вод эффективен для выращивания овса с учетом регламентов, определенных отечественными нормативами. Таким образом, осадки сточных вод г. Барнаула положительно влияли на развитие овса, повышая выход биомассы по отношению к контролю, и могут использо-

ваться для рекультивации полигонов твердых коммунальных отходов.

While waste volume is increasing, the number of landfill sites is growing. Overfilled landfills are closed and their further recultivation is required. During the biological reclamation of municipal solid waste landfills, significant amounts of soil are needed. A possible solution of the problem of disturbed land reclamation may be the use of sewage sludge from urban wastewater treatment facilities. To determine the effects of sewage sludge on oat hay grown on the reclaimed land, an experiment was conducted. The model experiment was carried out in vegetation vessels where oat was grown as annual grass. The experiment showed that the use of sewage sludge had contributed to an increase in oat yield as compared to the control. The application of sewage sludge resulted in the aboveground biomass yield that was 33.5% higher than that of the control. The yield increase of the aboveground oat biomass grown with the mixed plants was 12.6% higher than that in the control. The obtained plant samples were tested for heavy metal content and their nutritional value. The application of sewage sludge had not led to a significant change in the agrochemical indices of the soil and had not caused substantial increase in concentration of heavy metals in the soil. Based on the experiment, it may be concluded that sewage sludge is efficient for growing oats taking into account the domestic regulations and standards for sewage application. Thus, the sewage sludge from the Barnaul wastewater treatment facilities positively influenced oats cultivation and increased the biomass yield as compared to the control one and may be used for the recultivation of solid municipal waste landfills.

Чепрунова Юлия Владимировна, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет; ассист., Алтайский государственный педагогический университет. Тел.: (3852) 205-853. E-mail: zubkova.ula@mail.ru.

Тиньгаев Анатолий Владимирович, д.т.н., доцент, зав. каф. экономики, анализа и информационных технологий, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: avtin@mail.ru.

Воробьева Раиса Петровна, д.с.-х.н., директор, ООО «Алтайагрохимсоюз плюс», г. Барнаул. E-mail: alt.22@mail.ru.

Шепталов Вячеслав Борисович, к.с.-х.н., зам. директора, ООО «Алтайагрохимсоюз плюс», г. Барнаул. E-mail: alt.22@mail.ru.

Давыдов Александр Степанович, д.с.-х.н., с.н.с., Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 203-114. E-mail: melioratsii@yandex.ru.

Davydov Aleksandr Stepanovich, Dr. Agr. Sci., Senior Staff Scientist, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 203-114. E-mail: melioratsii@yandex.ru.

Cheprunova Yuliya Vladimirovna, post-graduate student, Altai State Agricultural University; Asst., Altai State Pedagogic University. Ph.: (3852) 205-853. E-mail: zubkova.ula@mail.ru.

Tingayev Anatoliy Vladimirovich, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Economics, Analysis and Information Technologies, Altai State Agricultural University. E-mail: avtin@mail.ru.

Vorobyeva Raisa Petrovna, Dr. Agr. Sci., Director, ООО «Altaiagrokhimsoyuz plus», Barnaul. E-mail: alt.22@mail.ru.

Sheptalov Vyacheslav Borisovich, Cand. Agr. Sci., Deputy Director, ООО «Altaiagrokhimsoyuz plus», Barnaul. E-mail: alt.22@mail.ru.

Введение

Ежегодно во всем мире и на территории России растет количество отходов. За семь лет количество ежегодно образующихся отходов увеличилось с 37,3 до 62,1 млн т, что соответствует 66%.

Вместе с увеличившимися объемами отходов растет количество полигонов. Переполненные полигоны закрываются, и требуется их последующая рекультивация.

При биологической рекультивации полигонов ТКО необходимы значительные объемы грунта

[1]. Так, для рекультивации 1 га полигона понадобится до 10 тыс. м³ грунта, при добыче которого будет нарушено порядка 5 га природных земель, что в 5 раз превышает рекультивируемую площадь. Возможным решением данной задачи по рекультивации нарушенных земель может стать использование осадков сточных вод городских очистных сооружений [2]. Требования к использованию ОСВ при технической и биологической рекультивации нарушенных земель регламентируются ГОСТ Р 54534-2011.

Осадки сточных вод являются ценным органическим удобрением, применение которых способствует увеличению почвенного плодородия и позволит вовлечь вторичные ресурсы в хозяйственный оборот, что благоприятно скажется на экологической обстановке региона, так как высвободятся площади, используемые под накопление ОСВ [3].

Цель исследования – определить влияние осадка сточных вод на урожайность сена овса при рекультивации земель полигона ТКО.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – полигон ТКО Барнаула (рис. 1).

Для выявления влияния осадка сточных вод на овес при рекультивации земель полигона ТКО был заложен модельный опыт.

Почва, используемая в модельном опыте, – чернозем обыкновенный, среднесуглинистый, маломощный, была взята из пахотного слоя с поля ФГБНУ Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, физико-химические показатели представлены в таблице 1.

Осадок сточных вод был взят с комплексных очистных сооружений г. Барнаула. Осадок сточных вод представлен однородной серой или тёмно-серой рыхлой массой без комков с размером частиц менее 50 мм. Массовая доля влаги не более 60%. Массовая доля органического вещества (в пересчете на сухое вещество) не менее 32,8%. Патогенных микроорганизмов, личинок и яиц гельминтов (жизнеспособных), личинок и куколок синатропных мух не обнаружено.

Физико-химические показатели осадков сточных вод представлены в таблице 2.

ОСВ г. Барнаула полностью соответствует требованиям СанПиН 2.1.7.573-96 [4] и ГОСТ 54651-2011 [5].

Экспериментальная часть

Схема модельного опыта включала варианты:

- 1) контроль, почвогрунт (606 т/га);
- 2) смесь осадка сточных вод и почвогрунта (303 т/га ОСВ + 303 т/га почвогрунта);
- 3) осадок сточных вод (606 т/га ОСВ).



Рис. 1. Космический снимок полигона ТКО

Таблица 1

Физико-химические свойства почвы

Показатели	Значение
Азот валовый, %	0,87
Фосфор валовый, %	0,77
Калий валовый, %	1,3
Удельный вес, г/см ³	2,61
Объёмный вес, г/см ³	0,82

Таблица 2

Физико-химические показатели осадков сточных вод

Наименование показателя	Показатели	Норма по ГОСТ Р 54651-2011
pH, ед.	6,1	6-8
P ₂ O ₅ , %	0,77	0,7
Содержание общего азота, %	0,87	0,6
Калий общий, %, не менее	1,97	0,1
Содержание тяжелых металлов и микроэлементов, (мг/кг), не более:		
- никель;	60,1	200,0
- хром;	19,3	500,0
- цинк;	128,4	1750,0
- медь;	28,6	750,0
- свинец;	1,2	250,0
- кадмий;	0,2	15,0
- мышьяк;	0,1	10,0
- ртуть	0,1	7,5
Радий – 226 БК/кг	9,3	300
Торий – 232 БК/кг	13,17	
Калий – 40 БК/кг	208,65	
Массовая концентрация бенз(а)пирена, мг/кг, не более	< 0,02	0,02
НДМА, мкг/кг	2,8	-
Класс опасности по степени воздействия на организм вредных веществ	IV	IV
Массовая доля остаточных количеств хлорорганических пестицидов, мг/кг сухого вещества, не более:		
- Гексахлорциклогексан (ГХЦГ) – сумма изомеров	Менее 0,005	0,1
- Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и его метаболиты, суммарные количества	Менее 0,005	0,1

Модельный опыт был проведен в вегетационных сосудах, где в качестве однолетних трав выращивали овес на зеленую массу. Почва для опыта была подсушена открытым способом до оптимальной влажности, очищена от посторон-

них включений, перемешана и просеяна через сито с отверстиями 3-4 мм.

Перед набивкой сосудов в почву внесено органическое удобрение в рассчитанных дозах и тщательно перемешано до однородного состояния.

На дно сосуда помещен керамзитовый дренаж для исключения образования анаэробных условий в вегетационном сосуде. Количество дренажа ≈3 см от дна сосуда. Поверх дренажа укладывался кусок марли в один слой, что предотвращает перемешивание керамзита с почвой. Количество почвы для сосуда определено методом пробной набивки 1 сосуда. По массе сосуда с почвой должны быть одинаковыми. Уровень почвы в сосуде должен быть ниже края сосуда на 2 см.

Полив вегетационных сосудов осуществляется без учета полной влагоемкости почвы до пролива воды в поддон. При очередном поливе вода из поддона выливается обратно в сосуд, чтобы исключить потерю элементов питания растений. При поливе используется водопроводная вода.

Температура воздуха в период опыта в помещении поддерживалась на уровне 22-26°C днем и 20-22°C – ночью. Световой режим обеспечивался за счет естественного освещения.

В соответствии со схемой опыта, после предварительного перемешивания почвы с ОСВ производилась засыпка в сосуды емкостью 5 л, размер сосуда 44x15 см. Посев овса осуществлялся нормой 40 семян на сосуд.

Закладка модельного опыта проведена 1 апреля 2019 г. Влажность почвы в сосудах поддерживали на уровне 65-70% наименьшей влагоемкости. Полив проводили для поддержания заданного уровня влажности, нормой из расчета 400 м³/га.

Учет урожая надземной биомассы растений овса – в фазе выхода в трубку 4 мая 2019 г. (рис. 2).



Рис. 2. Посевы овса перед уборкой

Результаты исследований и их обсуждение

Был получен следующий урожай сена овса:

- на контроле, почвогрунт – 30 г сена овса с 0,198 м² (4,51 т/га);
- при внесении смеси осадка сточных вод и почвогрунта – 33 г сена овса с 0,198 м² (5,08 т/га);
- при внесении ОСВ – 40 г сена овса с 0,198 м² (6,02 т/га).

В полученных растительных образцах были проведены лабораторные исследования на содержание тяжелых металлов и питательность продукции.

Содержание токсичных веществ в травяных, искусственно высушенных кормах не должно превышать предельно допустимых концентраций, установленных Департаментом ветеринарии Минсельхоза России (мг/кг корма): нитратов – 2000, нитритов – 10, ртути – 0,05, кадмия – 0,3, свинца – 5,0, мышьяка – 0,5, меди – 30,0, цинка – 50,0 [6].

Таблица 3

Физико-химические показатели зеленой массы овса

Наименование варианта	Сырой протеин, % ГОСТ 13496.4-93	Сырая клетчатка, %, ГОСТ 31675-2012	Нитраты, мг/кг, ГОСТ 13496.15-2015	Кальций, % ГОСТ 26570-95	Фосфор, % ГОСТ 26657-97
Овес в почвогрунте	18,31±0,76	24,8±2,2	6096±795	1,0±0,1	1,5±0,3
Овес в смеси осадка сточных вод и почвогрунта	23,5±1,00	20,3±1,9	6238±814	2,0±0,2	1,6±0,3
Овес в ОСВ	24,56±0,96	17,02±1,8	5130±670	4,2±0,4	2,0±0,3

Внесение ОСВ в почву не привело к существенному изменению агрохимических показателей и существенному увеличению содержания тяжелых металлов [7]. На основании выполненных исследований можно заключить, что ОСВ эффективен для выращивания этих культур в условиях города Барнаула с учетом регламентов, определенных отечественными нормативами СанПиН 2.1.7.573-96), ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, ГОСТ 54651-2011, ГОСТ Р54534-2011 [8].

Таким образом, осадки сточных вод города Барнаула положительно влияли на развитие овса, повышая выход биомассы по отношению к контролю, и могут использоваться для рекультивации ТКО.

Выводы

1. Был получен следующий урожай сена овса:

- контроль, почвогрунт (606 т/га почвогрунта) – 4,51 т/га;

- смесь осадка сточных вод и почвогрунта (303 т/га ОСВ + 303 т/га почвогрунта) – 5,08 т/га;

- осадок сточных вод (606 т/га ОСВ) – 6,02 т/га.

Таким образом, оптимальной нормой внесения ОСВ для рекультивации полигона ТКО будет 606 т/га.

2. Использование ОСВ на рекультивируемом полигоне ТКО не приведет к превышению содержания токсичных веществ в овсе до предельно допустимых концентраций.

Библиографический список

1. Кирейчева, Л. В. Моделирование миграции тяжелых металлов в почве при использовании органических отходов / Л. В. Кирейчева, А. В. Тиньгаев. – Текст: непосредственный // Природообустройство. – 2009. – № 3. – С. 29-37.

2. Давыдов, А. С. Почвенная утилизация осадков сточных вод – экологически безопасный способ повышения плодородия и охраны земель / А. С. Давыдов, Р. П. Воробьева. – Текст: непосредственный // Природообустройство. – 2008. – № 5. – С. 38-42.

3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». – Текст: непосредственный.

4. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. – Текст: непосредственный.

5. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. – Текст: непосредственный.

6. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при их использовании в качестве удобрений. – Текст: непосредственный.

7. Тиньгаев, А. В. Оценка влияния осадка сточных вод на урожай зерна и микробиологическую активность почвы / А. В. Тиньгаев. – Текст: непосредственный // Агрохимический вестник. – 2010. – № 4. – С. 38-40.

8. ГОСТ 54651-2011 Удобрения органические на основе осадков сточных вод. – Текст: непосредственный.

References

1. Kireycheva L.V., Tingaev A.V. Modelirovanie migratsii tyazhelykh metallov v pochve pri ispolzovanii organicheskikh otkhodov // Prirodobustroystvo. – 2009. – No. 3. – S. 29-37.

2. Davydov A.S., Vorobeva R.P. Pochvennaya utilizatsiya osadkov stochnykh vod – ekologicheski bezopasnyy sposob povysheniya plodorodiya i okhrany zemel // Prirodobustroystvo. – 2008. – No. 5. – S. 38-42.

3. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2017 godu».

4. Sanitarnye pravila i normy. SanPiN 2.1.7.573-96. Gigienicheskie trebovaniya k ispolzovaniyu stochnykh vod i ikh osadkov dlya orosheniya i udobreniya.

5. Sanitarnye pravila i normy. SanPiN 2.1.7.573-96. Gigienicheskie trebovaniya k ispolzovaniyu stochnykh vod i ikh osadkov dlya orosheniya i udobreniya.

6. GOST R 17.4.3.07-2001 Okhrana prirody. Pochvy. Trebovaniya k svoystvam osadkov stochnykh vod pri ikh ispolzovanii v kachestve udobreniy.

7. Tingaev A.V. Otsenka vliyaniya osadka stochnykh vod na urozhay zerna i mikrobiologicheskuyu aktivnost pochvy // Agrokhimicheskiy vestnik. – 2010. – No. 4. – S. 38-40.

8. GOST 54651-2011 Udobreniya organicheskie na osnove osadkov stochnykh vod.



УДК 631.517

А.В. Игловиков, А.А. Денисов
A.V. Iglovikov, A.A. Denisov

КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА НА БИОЛОГИЧЕСКОМ ЭТАПЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

THE POTASSIUM STATUS OF DISTURBED LANDS IN THE FAR NORTH AT THE BIOLOGICAL STAGE OF RECLAMATION

Ключевые слова: рекультивация, многолетние травы, нарушенные почвы, песчаный грунт, Крайний Север, калий, питательный режим, минеральные удобрения.

При восстановлении растительного покрова и для изменения условий произрастания растений применяются различные мелиоранты, органические и минеральные удобрения. Благодаря этому происходит улучшение физико-химических свойств восстанавливаемых грунтов. Важную роль в питании растений особенно в условиях Крайнего Севера играет калий. Он повышает холодостойкость растений, делает их способными расти при низких температурах. Накопление калия в тканях растений способствует их лучшей перезимовке, что является важным фактором сохранения травостоя в условиях севера. Внесение (NPK)₉₀ увеличивает содержание подвижного калия 0,3 м слое на 76,3%, (NPK)₁₅₀ – на 94,7%, (NPK)₂₁₀ – на 102,6%. В следующие годы жизни многолетних трав отмечается достоверное снижение содержания подвижного калия в

связи с его потреблением травами. При использовании БМТ в сочетании с удобрениями его содержание возросло на 14,2%. Субстрат БИОНА в норме 12 т/га повышает содержание обменного калия в 0,3 м слое с 10,8 мг до 45 мг/кг почвы, т.е. до средней обеспеченности (40-80 мг/кг почвы, по Чирикову). При определении доз внесения калия в условиях Крайнего Севера необходимо учитывать размер его потребления продуцентами и уровнем его содержания в нарушенной почве. В условиях достаточного калийного питания наблюдается повышение устойчивости к заморозкам и нестабильным условиям водного режима, что является необходимыми условиями в направлении восстановления нарушенных сообществ.

Keywords: land reclamation, perennial grasses, disturbed soils, sandy soil, Far North, potassium, nutrient regime, mineral fertilizers.

Various meliorants, organic and mineral fertilizers are used to restore vegetation cover and to change the grow-