

Научная статья
УДК 631.6.02(470.41)
DOI: 10.36508/journal.2024.48.27.004

ПОДБОР БИНАРНОЙ СМЕСИ РАСТЕНИЙ-ФИТОРЕМЕДИАНТОВ НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ЭРОДИРОВАННОЙ ПОЧВЕ Г. КУКМОР РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Глазунова Ирина Викторовна¹, Соколова Светлана Анатольевна²,
Карпенко Нина Петровна³

^{1,2}Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

³Федеральное государственное бюджетное научное учреждение федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, г. Москва, Россия

³nrkarpenko@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Почва Кукморского района Республики Татарстан серая лесная, загрязненная тяжелыми металлами (ТМ), эродированная. Для получения стабильных высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимо проведение восстановительных мероприятий, направленных на снижение уровня загрязнения приоритетными Cd, Pb, Ni и предотвращение негативного действия эрозии. Цель исследований – осуществление подбора бинарной смеси растений-фитореemedиантов.

Методология. Исследования проведены в виде вегетационного опыта в сосудах и натурного исследования. В лабораторных условиях в почву вносились химически чистые сернокислые соли кадмия, свинца, никеля в соответствующих разным уровням загрязнения дозах. В качестве растений – фитореemedиантов использовались *Amaranthus candatus*, *Melilotus officinalis*, *Secale cereale*, *Zea mays*, *Avena sativa* и их бинарные смеси. Натурный опыт в сельскохозяйственном производственном кооперативе им. Вахитова Кукморского района Республики Татарстан ставился с целью определения оптимальных способа и нормы высева бинарной смеси *Amaranthus candatus* + *Zea mays*.

Результаты. Большую отзывчивость на присутствие ТМ в почве показала смесь *Amaranthus candatus* + *Zea mays*. В растениях аккумулируются токсиканты, в основном, в корнях: *Amaranthus candatus* + *Zea mays* на 14% больше, чем в надземных органах. КБП - коэффициент биологического поглощения и ТК-транслокационный коэффициент, которые были наибольшими в смеси *Amaranthus candatus* + *Zea mays* - 14,1 и 13,8 соответственно. В натурном опыте получены аналогичные результаты.

Масса растений и фотосинтетическая активность листьев была максимальной при однострочном посеве бинарной смеси *Amaranthus candatus* + *Zea mays*.

Заключение. На серых лесных почвах СХПК им. Вахитова Кукморского района следует снизить концентрацию ТМ посредством возделывания в течение ряда лет бинарной смеси *Amaranthus candatus* + *Zea mays* в однострочном посеве с междурядьями шириной 57,5 см нормой высева семян соответственно 0,188 кг/га и 14,6 кг/га.

Ключевые слова: серая лесная почва, тяжелые металлы, эрозия, растения-фитомередианты, восстановление.

Original article

THE SELECTION OF A BINARY MIXTURE OF PHYTOREMEDIANT PLANTS ON THE CONTAMINATED ERODED SOIL OF KUKMOR, THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Glazunova Irina Viktorovna¹, Sokolova Svetlana Anatolyevna², Karpenko Nina Petrovna³

^{1,2}*Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy Named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia*

³*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation Named after A.N. Kostyakov", Moscow, Russia*

³*npkarpenko@yandex.ru*

Abstract.

Problem and purpose. The soil of Kukmorsky district of the Republic of Tatarstan is gray forest, contaminated with heavy metals (HM), eroded. To obtain stable high yields of agricultural crops, it is necessary to carry out restoration measures aimed at reducing the level of pollution with priority Cd, Pb, Ni and preventing the negative effects of erosion. The purpose of the research was to select a binary mixture of phytoremediant plants.

Methodology. The research was carried out in the form of a vegetation experiment in vessels and a full-scale study. Complex soil pollution was simulated by introducing into it chemically pure sulfate salts of cadmium, lead, nickel in doses corresponding to the scale of normalization of soil pollution levels: permissible (below the maximum permissible concentration), low (at 1 MPC level), medium (at 3 MPC level), high (at 5 MPC level). *Amaranthus candatus*, *Melilotus officinalis*, *Secale cereale*, *Zea mays*, *Avena sativa* and their binary mixtures were used as phytoremediant plants. The field experiment in the agricultural production cooperative Named after Vakhitov in

Kukmorsky district of the Republic of Tatarstan was set up to determine the optimal method and sowing rate of a binary mixture of Amaranthus candatus + Zea mays.

Results. *The mixture of Amaranthus candatus + Zea mays showed greater responsiveness to heavy metals in the soil. Toxicants accumulated in plants mainly in roots: Amaranthus candatus + Zea mays was 14% more than in above-ground organs. BAC (coefficient of biological absorption) and TC (translocation coefficient) were the highest in the mixture of Amaranthus candatus + Zea mays - 14.1 and 13.8, respectively. Similar results were obtained in a field experiment. Plant weight and photosynthetic activity of leaves were maximum when sowing a binary mixture of Amaranthus candatus + Zea mays in one row.*

Conclusion. *On gray forest soils of the Agricultural Production Complex Named after Vakhitov, Kukmorsky district, it is necessary to carry out a set of measures aimed at reducing their contamination with heavy metals by cultivating for a number of years a binary mixture of Amaranthus candatus + Zea mays in single-row sowing with row spacing of 57.5 cm wide, seeding rates of 0.188 kg/ha and 14.6 kg/ha, respectively.*

Keywords: *gray forest soil, heavy metals, erosion, phytomeredient plants, restoration.*

Введение

На севере Республики Татарстан расположен город Кукмор в 150 км от столицы г. Казань. Территория Кукморского района в экологическом плане характеризуется как напряженная вследствие ведения разработок и добычи известняка, глины, песков, суглинков, подземных вод, торфа, на Уркушском нефтяном месторождении Кукморско-Ковалинского участка - нефти. В городе расположены валяльно-войлочный комбинат, завод металлопосуды и др. Вклад в загрязнение территории г. Кукмор вносят тяжелые металлы, которые аккумулируются в почве, растениях и воде, ухудшая их качественное состояние. На территории Кукморского района Управлением Роспотребнадзора было зарегистрировано на начало исследований около 200 тыс. т отходов, из них большинство относится к классу опасности А. Отходы поступают на Кукморский полигон ТБО в 2-х км к северо-востоку от города Кукмор с 2002 г., Полигон находится на балансе ОАО «Кукморские инженерные сети». расчетный срок эксплуатации – 20 лет, то есть уже истек, а его площадь в 4 га уже не позволяет принимать новые поступления.

Ситуация усугубляется и развитой водной эрозией на территории района. В основном сказывается действие природных факторов: наличие водосборных площадей и увалистых водоразделов, преобладание на них склонов крутизной более двух градусов, овражно-балочной сети. Конечно, оказывают влияние на развитие эрозии и летние дожди, быстрое снеготаяние, неравномерное распределение снежного покрова [11].

Исходя из вышеизложенного, вопросы восстановления плодородия эродированной почвы г. Кукмор Республики Татарстан являются актуальными. Для восстановления загрязненных ТМ почв наиболее подходящим способом является фитоэкстракция с применением растений, активно поглощающими

ТМ, которые впоследствии используются в кормовых целях при соответствии качества или просто могут быть удалены с поля [2, 7, 9]. Это является экономически целесообразным, так как по сравнению с традиционными методами очистки не наносит ущерба природе [3, 5].

Материалы и методы исследований

Исследования проведены в течение 2008...2024 годов в г. Кукмор. Было отобрано более 250 проб серой лесной почвы почвенным буром ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» на территории Кукморского муниципального района и г. Кукмор на проверку их соответствия по санитарно-химическим показателям. Содержание тяжелых металлов (ТМ) определялось в лаборатории ВНИИГиМ. Установлено превышение концентрации ТМ по Cd, Pb, Ni.

Авторами проведен вегетационный опыт в лаборатории ФГБНУ ФНЦ гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова (рисунок 1) с последующим производственным опытом в сельскохозяйственном производственном кооперативе им. Вахитова Кукморского района Республики Татарстан.



Рисунок 1 – Подготовка к проведению вегетационного метода исследований
Figure 1 – Preparation for the vegetation research method

СХПК им. Вахитова был реорганизован в 2002 г. из колхоза, созданного в 1929 году [4]. Основное направление – животноводство. Стадо состоит их почти 2000 голов коров, свиней, лошадей. Обеспеченность поголовья скота кормовой базой самостоятельное, за исключением добавок. Обеспеченность ими 1 условной головы в 2006 г. составляла 38 ц корм. ед. Для улучшения качества кормов в хозяйстве осваивают новые технологии, приобретен и используется кормозаготовительный комплекс для приготовления сенажа в упаковке, кормоуборочный комбайн «Ягуар», к достоинствам которого кроме высокой производительности относится и измельчение зеленой массы.

Комплексное загрязнение почвы имитировали путем внесения в нее химически чистых сернокислых солей кадмия, свинца, никеля. ТМ были выбраны на основе анализа почвы при выявлении приоритетных загрязнителей в регионе

[1]. Выбор доз проводили по шкале нормирования уровня загрязнения почв тяжелыми металлами: допустимый (ниже предельно допустимой концентрации), низкий (на уровне 1 ПДК), средний (на уровне 3 ПДК), высокий (на уровне 5 ПДК). В вегетационные сосуды высаживали двухдневные проростки.

В качестве растений – фиторемедиантов использовались *Amaranthus candatus*, *Melilotus officinalis*, *Secale cereale*, *Zea mays*, *Avena sativa* и их бинарные смеси. Все семена в кооперативе проращиваются, что позволяет активировать их ферментную систему с последующим получением максимального урожая.

Бинарные смеси составлялись с учетом биологических особенностей растений и включали следующие варианты в трехкратной повторности:

Вариант 1- Смесь многолетних трав *Festuca pratensis* + *Phleum pratense*

Вариант 2 - *Amaranthus candatus*

Вариант 3 - *Melilotus officinalis*

Вариант 4 - *Secale cereale*

Вариант 5 - *Zea mays*

Вариант 6 - *Avena sativa*

Вариант 7 – *Amaranthus candatus* + *Zea mays*

Вариант 8 - *Avena sativa* + *Melilotus officinalis*

Контроль – незагрязненная серая лесная почва с соответствующими вариантами 1а, 2а, 3а, 4а, 5а, 6а, 7а и 8а.

В статье авторами проводилось сравнение результатов, полученных на вариантах опыта.

Результаты исследований обработаны в компьютерной программе Statistika10.

В 2023 г. проведен натурный опыт [10] в сельскохозяйственном производственном кооперативе им. Вахитова Кукморского района Республики Татарстан, результаты которого подтвердили выводы вегетационного опыта.

Почва серая лесная, содержание гумуса 2,8...3,0%, обеспеченность НРК средняя, содержание агрономически ценных почвенных агрегатов 70%, из них водопрочных 48%. Загрязнение ТМ на среднем уровне в соответствии со шкалой градации.

Цель натурального опыта – определение оптимальных способа и нормы высева бинарной смеси *Amaranthus candatus* + *Zea mays*.

Варианты опыта:

А. Однострочный посев с междурядьями шириной 57,5 см нормы высева смеси:

Вариант 1- кукуруза с высевом нормой 14,6 кг/га, или 48,7 тыс.шт./га + амарант - 0,188 кг/га, или 313тыс.шт./га

Вариант 2 – кукуруза с высевом 18,3 кг/га, или и 60,9 тыс.шт./га + амарант - 0,235 кг/га, или 391 тыс.шт./га

Б. Двустрочный посев с междурядьями 57,5 и 45 см нормы высева смеси:

Вариант 3 - кукуруза с высевом нормой 11,6 кг/га, или 38,1 тыс.шт./га + амарант 0,297 кг/га, или 495 тыс.шт./га

Вариант 4 – кукуруза с высевом нормой 13,1 кг/га, или 43,7 тыс.шт/га + амарант- 0,338 кг/га, или и 561 тыс.шт./га

Посев произведен 20.05.2023 г. Площадь одного участка 1,5 га.

Погодные условия в годы проведения исследований были близки к среднемуголетним по Кукморскому району. Гидротермический коэффициент равен в среднем за годы исследования 0,92.

Результаты исследований и их обсуждение

На вариантах вегетационного опыта растения по-разному реагировали на наличие тяжелых металлов (ТМ) в почве: если в сосудах с допустимым и низким уровнем ТМ растения практически не проявляли внешне их присутствие, то в горшках с почвой среднего и высокого уровня загрязнения растений, независимо от вида, имели более низкий рост (-3..12%) и меньшую биомассу (-12...21%).

Большую толерантность к присутствию ТМ в почве показала смесь *Amaranthus candatus* + *Zea mays* (вариант 7), хотя при одиночном их возделывании эти виды растений имели схожее с остальными развитие. Надо отметить, что растения сами по себе высокорослые, а при внесении ТМ в почву на уровне 1 ПДК и 3 ПДК даже показали прибавку в биомассе. Так, на варианте 7 вегетационного опыта высота растений перед уборкой составляла в среднем до 1,62 м, то на вариантах 2 и 5 соответственно 1,48 и 1,57 м, в то время, как на контроле 7а высота смеси не превышала 1,45 м. Таким образом, тяжелые металлы сыграли роль микроэлементов, коими и являются, прибавка составила 11,7%.

Авторами составлен убывающий ряд растений и их бинарных смесей при возделывании при нагрузке 3 ПДК, то есть среднего уровня загрязнения почвы ТМ:

Amaranthus candatus + *Zea mays* > *Avena sativa* + *Melilotus officinalis* >
Festuca pratensis + *Phleum pratense* > *Zea mays* > *Amaranthus candatus* >
Melilotus officinalis > *Secale cereale* > *Avena sativa*

При имитации загрязнения почвы на уровне 5 ПДК – высокий - ситуация не изменилась, опять негативное влияние ТМ было менее заметно у бинарной смеси *Amaranthus candatus* и *Avena sativa* + *Melilotus officinalis*. Но далее растения распределились следующим образом в порядке убывания:

Amaranthus candatus + *Zea mays* > *Avena sativa* + *Melilotus officinalis* >
Secale cereale > *Zea mays* > *Festuca pratensis* + *Phleum pratense* > *Amaranthus candatus* > *Melilotus officinalis* > *Avena sativa*

Более существенное значение имело содержание рассматриваемых ТМ в растениях (рисунок 2). При изучении накопления ТМ в растительном организме прослеживается связь с его внешней реакцией.

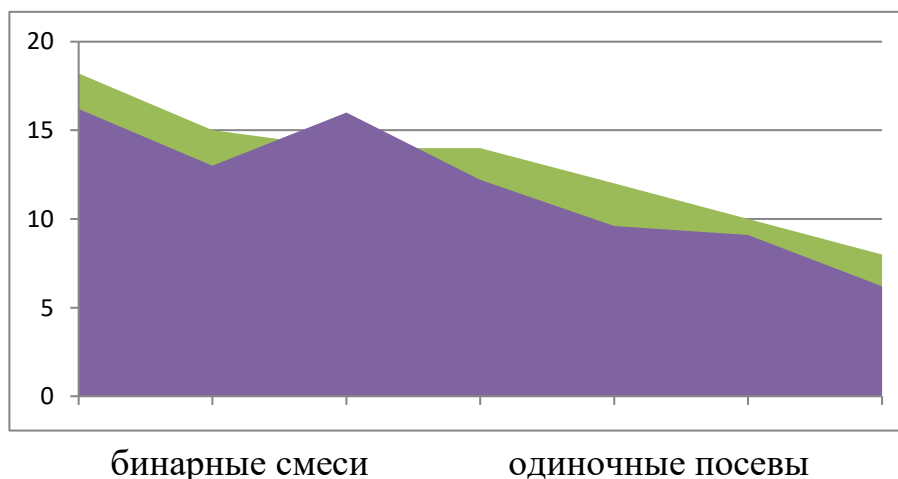


Рисунок 2- Диаграмма содержания ТМ в продукции, мг/кг сухой массы при загрязнении почвы 3 ПДК: зеленый - корни, фиолетовый – стебель, листья

Figure 2 - The diagram of HM content in products, mg/kg dry matter with soil contamination 3 MPC: green - roots, purple - stem, leaves

Бинарные смеси { *Amaranthus candatus* + *Zea mays*
Avena sativa + *Melilotus officinalis*
Festuca pratensis + *Phleum pratense*

Одновидовые посе́вы { *Zea mays*
Amaranthus candatus
Melilotus officinalis
Secale cereale
Avena sativa

На диаграмме отображено суммарное поступление ТМ в растения из почвы. Авторами выявлен максимальный вынос растениями, участвующими в опыте, конкретных металлов. Так, большой вынос Cd наблюдался смесью *Amaranthus candatus* + *Zea mays*, максимум Pb - *Avena sativa* + *Melilotus officinalis*, Ni – одновидовым посевом *Amaranthus candatus*.

Как видно из диаграммы рисунка 2, в растениях аккумулируются токсиканты, в основном, в корнях: *Amaranthus candatus* + *Zea mays* на 14% по сравнению с их содержанием в листьях, *Avena sativa* + *Melilotus officinalis* – 12%, *Festuca pratensis* + *Phleum pratense* – 13%, *Amaranthus candatus* – 13,5%, *Melilotus officinalis* – 9%, *Secale cereale* – 13% и *Avena sativa* – менее 9%. И, наоборот, одиночные посе́вы *Zea mays* накапливали больше ТМ в надземных органах в среднем на 14%.

Аналогичные диаграммы построены и для допустимого и низкого уровня загрязнения почвы ТМ.

При загрязнении почвы 5 ПДК, как было показано выше, максимальное содержание ТМ в органах растений характерно для бинарных смесей.

Результаты вегетационного опыта не показали значительных колебаний концентраций ТМ, как, например, в исследованиях М.В. Логачёва [8], где отличия были в 85% и более.

Авторами рассчитаны КБП - коэффициент биологического поглощения и ТК-транслокационный коэффициент, которые были наибольшими в смеси *Amaranthus candatus* + *Zea mays* и были равны 14,1 и 13,8 соответственно.

В натурном опыте, проведенном в 2023 г., результаты исследований массы растений были следующие (таблица 1).

Таблица 1- Масса растений в натурном опыте

Вариант	масса растения, г		фотосинтетический потенциал, тыс. м ² /га/сутки	
	<i>Amaranthus candatus</i>	<i>Zea mays</i>	<i>Amaranthus candatus</i>	<i>Zea mays</i>
1	80±0,01	443±0,01	2244±0,03	775±0,01
2	66±0,02	330±0,01	2097±0,02	745±0,02
3	77±0,01	438±0,03	2018±0,01	657±0,02
4	75±0,01	442±0,01	2002±0,012	643±0,01

Фотосинтетическая активность влиял на урожай культур.

Площадь листьев кукурузы показала наивысшие результаты в фазу выметывания, позже - до фазы молочно-восковой спелости этот показатель изменялся очень медленно, а растения амаранта, наоборот, имели увеличение роста вплоть до фазы молочно-восковой спелости зерна, так как прирост площади листьев не прекращался. Это объясняло наибольшую площадь листьев у амаранта по сравнению с кукурузой в бинарных посевах. Как поясняют исследователи [6, 8, 12], совместные посевы образуют общий листовой фон, обеспечивающий большую урожайность.

Наибольшее значение фотосинтетического потенциала отмечено на варианте 1 в смеси *Amaranthus candatus* + *Zea mays* в однострочном посеве с междурядьями шириной 57,5 см нормой высева кукурузы 14,6 кг/га, амаранта 0,188 кг/га. На этом варианте суммарный фотосинтетический потенциал составил у амаранта 2244 тыс. м²/га/сутки + у кукурузы 775 тыс. м²/га/сутки, то есть 3019 тыс. м²/га/сутки.

Урожайность зеленой массы составила почти на варианте 1 максимум, который был выражен 38,8 т/га при НСР_{0,5} зелёной массы смеси в пределах 1,10...1,30 т/га. На других вариантах ниже на 8, 11,9% соответственно. В кукурузе и амаранте накапливалось разное количество ТМ в зависимости от исследуемого варианта (таблица 2). Четко прослеживается барьерная функция корней растений и ТМ в надземные органы поступают уже в небольших количествах (особенно это заметно у Ni).

Авторами проведен кластерный анализ, то есть результаты исследований ТМ были объединены в секции по категориям (рисунок 3), с целью разбивки выборки на группы схожих объектов для упрощения дальнейшей обработки данных и принятия решений, применяя к каждому кластеру свой метод анализа.

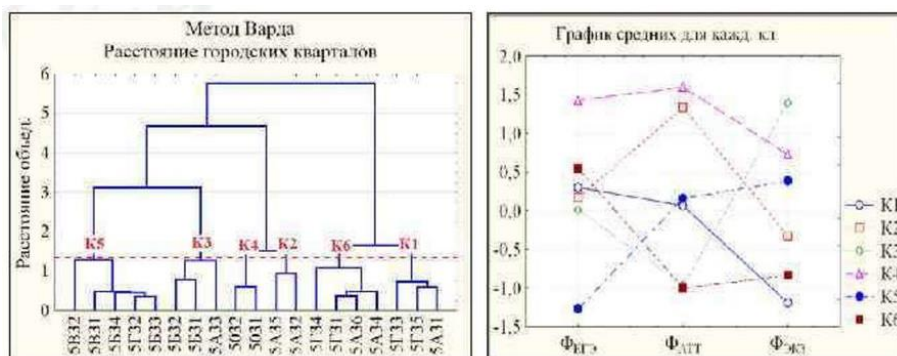


Рисунок 3 - Кластерный анализ и график средних для каждого кластера
 Figure 3 - Cluster analysis and plot of averages for each cluster

Анализ графика средних для каждого кластера показал, что рядом расположенные точки образовали упорядоченные 6 групп. Матрица расстояний (расстояние городских кварталов при отборе проб) дополняется сходством расстояний между растениями.

Кроме того, на сельскохозяйственных угодьях Кукморского района с развитой эрозией рекомендуются приемы контурно-мелиоративной организации территории.

Агротехнические мероприятия на эродированных почвах, как показывает многолетний опыт отечественных и зарубежных исследований, направлены на увеличение их сопротивляемости выдуванию, улучшению структуры, ослаблению в приземном слое ветрового потока, накоплению и сбережению запасов влаги. Вспашку почвы и посев проводить в направлении, перпендикулярном господствующим пылебуревым ветрам. Перекрестный сев, при котором быстрее создается почвозащитный покров, способствует уменьшению степени повреждения посевов пыльными бурями. При борьбе с дефляцией эффективны сплошное или полосное оставление стерни на высоком срезе, специальные посевы высокостебельных культур (например, кукуруза или смеси), создание шероховатой поверхности пашни при обработке и посеве, сохранение послеуборочных остатков. Хороший результат дают почвозащитные севообороты, насыщенные многолетними травами и без пропашных, или же отводят их под залужение и лесные насаждения [7, 8].

В приемах защиты почвы от ветровой эрозии большую роль играют полезащитные лесные полосы. Продуваемые ажурные лесные полосы имеют много просветов между стволами 60-70% в нижней приземной части. Крона почти непроницаема для ветра, что обеспечивает достаточную защиту

Таблица 2 – Содержание Cd, Pb, Ni в бинарных смесях, мг/кг абсолютно сухого вещества

ТМ	вариант 1		вариант 2		вариант 3		вариант 4	
	зерно солома							
	<i>Amarant hus candatu s</i>	<i>Zea mays</i>	<i>Amaranthus candatus</i>	<i>Zea mays</i>	<i>Amaranth us candatus</i>	<i>Zea mays</i>	<i>Amaranth us candatus</i>	<i>Zea mays</i>
Cd	0,073	0,036	0,069	0,036	0,033	0,034	0,043	0,035
	0,088	0,069	0,082	0,062	0,071	0,062	0,075	0,062
Pb	0,68	0,22	0,55	0,22	0,22	0,17	0,25	0,22
	0,48	0,31	0,46	0,30	0,29	0,27	0,26	0,26
Ni, мгк	118	99	116	89	110	87	104	86
	287	220	257	188	261	169	166	159

Предлагаемые мероприятия отображены на рисунке 4 в виде схемы.

Заключение

Итак, обобщая вышеизложенное, на серых лесных почвах СХПК им. Вахитова Кукморского района необходимо проводить комплекс мероприятий, направленных на снижение их загрязнения ТМ посредством возделывания в течение ряда лет бинарной смеси *Amaranthus candatus* + *Zea mays* в однострочном посеве с междурядьями шириной 57,5 см нормой высева семян соответственно 0,188 кг/га и 14,6 кг/га. Для снижения негативного влияния эрозии почвы проводить агротехнические и мелиоративные мероприятия.



Рисунок 4 - Классификатор технологий и технических решений очистки и восстановления плодородия эродированных, загрязненных и деградированных земель

Figure 4 - Classifier of technologies and technical solutions for cleaning and restoring the fertility of eroded, contaminated and degraded lands

Библиографический список

1. Агрохимия / Т.А. Власова, Н.П. Чекаев, Г.Е. Гришин, Е.Е. Кузина. - Пенза: РИО ПГСХА, 2016. - 171 с. URL: <https://yandex.ru/search/?text=2.%09Агрохимия+%2FT.А.+Власова%2С+Н.П.+Чекаев%2С+Г.Е.+Гришин%2С+Е.Е.+Кузина.++Пенза%3А+РИО+ПГСХА%2С+2016.+--+171+с.&lr=11&clid=2073074>
2. Андреева, И.В. Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами / И. В. Андреева, Р. Ф. Байбеков, М. В. Злобина // Природообустройство, 2009. - №5. - С. 6-13. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitoremediatsiya-pochv-zagryaznennyh-tyazhelyimi-metallami-1/viewer>
3. Байсеитова, Н. М. Накопление тяжелых металлов в растениях в зависимости от уровня загрязнения почв / Н. М. Байсеитова, Х. М. Сартаева. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2014. — № 2 (61). — С. 379-382. — URL: <https://moluch.ru/archive/61/8881/>
4. Гаджиев, Н. Г. Внедрение культурных фитоценозов с целью улучшения состояния нарушенных почв (на примере Чеченской Республики) Н.Г. Гаджиев, Р. А. Гакаев // В сборнике: Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник научных трудов, 2014. - С. 227–230. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24632721>
5. Гаитов, М.Ю. СХПК им. Вахитова / М.Ю. Гаитов // Достижения науки и техники АПК, 2007. - №4. - С. 33-37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shpk-im-vahitova/viewer>
6. Гребенников, А.М. Восстановление агрофизических и агрохимических свойств почвенных ресурсов пахотных земель сидерацией смешанными агросообществами / А.М. Гребенников // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral», 2020. - №2.- С.18-26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vosstanovlenie-agrofizicheskikh-i-agrohimicheskikh-svoystv-pochvennyh-resursov-pahotnyh-zemel-sideratsiey-smeshannymi/viewer>
7. Демельханов, М. Д. Агротехнические мероприятия и их роль в восстановлении нефтезагрязненных почв / М. Д. Демельханов, Р. С. Косумов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 24 (104). — С. 308-311. — URL: <https://moluch.ru/archive/104/24727/> (дата обращения: 12.07.2024).
8. Захарова, О.А. Роль почвозащитного севооборота в экологической стабильности агроландшафта / О.А. Захарова, О.В. Черкасов, О.Д. Кучер // Сетевой научный журнал РГАТУ, 2023. - №2(2). - С.24-35. DOI:10.36508/journal.2023.48.55.004
9. Карпенко Н.П., Глазунова И.В., Ширяева М.А. Оценка фитотоксического воздействия нефтепродуктов на всхожесть овса посевного (*Avena sativa*) // Природообустройство. - 2024. - № 2. - С. 13-20. URL: <https://environment.timacad.ru/jour/article/view/487>
10. Логачёв, М.В. Приемы совместных посевов кукурузы и амаранта метельчатого на серых лесных почвах Центрального Черноземья / М.В.

Логачёв: Автореферат дисс на соиск. уч.ст.к.с.х.н. – Курск, 2005. URL: <https://www.dissercat.com/content/priemy-sovmestnykh-posevov-kukuruzy-i-amaranta-metelchatogo-na-serykh-lesnykh-pochvakh-tsent/read>.

11. Новак, А.И. Эколого-агрохимическая оценка возможности возделывания сельскохозяйственных культур вблизи источников загрязнения / А.И. Новак, Ребух Назих Ясер, О.Д. Кучер // Сетевой научный журнал РГАТУ, 2023. - №2(2). - С. 1-13. DOI 10.36508/journal.2023.23.40.002

12. Общее земледелие [Электронный ресурс] /А. А. Корчагин, М. А. Мазиров, И. М. Щукин; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых; Верхневолж. федер. аграр. науч. центра. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2021. – 193 с. URL: https://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Bacalavr_academ/06.03.02/Uprv_zemel_resurs/Metod_doc/Obshchee_zemledelie_u_chemnoe_posobie.pdf

References

1. Agroximiya / T.A. Vlasova, N.P. Chekaev, G.E. Grishin, E.E. Kuzina. - Penza: RIO PGSXA, 2016. – 171 s. URL: <https://yandex.ru/search/?text=2.%09Agroximiya+%2FT.A.+Vlasova%2C+N.P.+Chekaev%2C+G.E.+Grishin%2C+E.E.+Kuzina.+-+Penza%3A+RIO+PGSXA%2C+2016.+-+171+s.&lr=11&clid=2073074>

2. Andreeva, I.V. Fitoremediaciya pochv, zagryaznenny`x tyazhely`mi metallami / I. V. Andreeva, R. F. Bajbekov, M. V. Zlobina // Prirodoobustrojstvo, 2009. - №5. – S. 6-13. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitoremediatsiya-pochv-zagryaznennyh-tyazhelymi-metallami-1/viewer>

3. Bajseitova, N. M. Nakoplenie tyazhely`x metallov v rasteniyax v zavisimosti ot urovnya zagryazneniya pochv / N. M. Bajseitova, X. M. Sartaeva. — Tekst : neposredstvenny`j // Molodoj ucheny`j. — 2014. — № 2 (61). — S. 379-382. — URL: <https://moluch.ru/archive/61/8881/>

4. Gadzhiev, N. G. Vnedrenie kul`turny`x fitocenozov s cel`yu uluchsheniya sostoyaniya narushenny`x pochv (na primere Chechenskoj Respubliki) N.G. Gadzhiev, R. A. Gakaev // V sbornike: Aktual`ny`e problemy` e`kologii i prirodopol`zovaniya. Sbornik nauchny`x trudov, 2014. - S. 227–230. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24632721>

5. Gaitov, M.Yu. SXPК im. Vaxitova / M.Yu. Gaitov // Dostizheniya nauki i texniki APK, 2007. - №4. – S. 33-37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shpk-im-vahitova/viewer>

6. Grebennikov, A.M. Vosstanovlenie agrofizicheskix i agroximicheskix svojstv pochvenny`x resursov pahotny`x zemel` sideraciej smeshanny`mi agrosoobshhestvami / A.M. Grebennikov// Mezhdunarodny`j zhurnal prikladny`x nauk i texnologij «Integral», 2020. - №2.- S.18-26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vosstanovlenie-agrofizicheskix-i-agroximicheskix-svojstv-pochvennyh-resursov-pahotnyh-zemel-sideratsiej-smeshannymi/viewer>

7. Demel`xanov, M. D. Agrotexnicheskie meropriyatiya i ix rol` v vosstanovlenii neftezagryaznenny`x pochv / M. D. Demel`xanov, R. S. Kosumov. — Tekst :

neposredstvennyj // *Molodoy uchenyj*. — 2015. — № 24 (104). — S. 308-311. — URL: <https://moluch.ru/archive/104/24727/> (data obrashheniya: 12.07.2024).

8. Zaxarova, O.A. Rol` pochvozashhitnogo sevooborota v e`kologicheskoy stabil`nosti agrolandshafta / O.A. Zaxarova, O.V. Cherkasov, O.D. Kucher // *Setevoy nauchnyj zhurnal RGATU*, 2023. - №2(2). - S.24-35. DOI:10.36508/journal.2023.48.55.004

14. 9. Karpenko N.P., Glazunova I.V., Shiryayeva M.A. Ocenka fitotoksicheskogo vozdejstviya nefteproduktov na vsxozhest` ovsa posevnogo (*Avena sativa*) // *Prirodoobustrojstvo*. — 2024. — № 2. — S. 13-20. URL: <https://environment.timacad.ru/jour/article/view/487>

10. Logachyov, M.V. Priemy` sovmestny`x posevov kukuruzy` i amaranta metel`chatogo na sery`x lesny`x pochvax Central`nogo Chernozem`ya / M.V. Logachyov : Avtoreferat diss na soisk. uch.st.k.s.x.n. — Kursk, 2005. URL: <https://www.dissercat.com/content/priemy-sovmestnykh-posevov-kukuruzy-i-amaranta-metelchatogo-na-serykh-lesnykh-pochvakh-tsent/read>.

11. Novak, A.I. E`kologo-agroximicheskaya ocenka vozmozhnosti vozdeley`vaniya sel`skoxozyajstvenny`x kul`tur vblizi istochnikov zagryazneniya / A.I. Novak, Rebux Nazix Yaser, O.D. Kucher // *Setevoy nauchnyj zhurnal RGATU*, 2023. - №2(2). - S. 1-13. DOI 10.36508/journal.2023.23.40.002

12. *Obshhee zemledelie [E`lektronnyj resurs]* /A. A. Korchagin, M. A. Mazirov, I. M. Shhukin ; Vladim. gos. un-t im. A. G. i N. G. Stoletovy`x ; Verxnevolzh. feder. agrar. nauch. centra. — Vladimir: Izd-vo VIGU, 2021. — 193 s. URL: https://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Bacalavr_academ/06.03.02/Uprv_zemel_resurs/Method_doc/Obshchee_zemledelie__uchebnoe_posobie.pdf