

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) =Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина (междисциплинарный). – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2024. -№ 2 (121). - Б.82-96. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

[doi.org/ 10.51452/kazatu.2024.2\(121\).1658](https://doi.org/10.51452/kazatu.2024.2(121).1658)

УДК 579.222.2+579.26

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ГУМИНОВЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕТАЛЛАМИ

Касенова Жанар Муратбековна

Кандидат технических наук, ассоциированный профессор

ТОО «Институт химии угля и технологии»

г. Астана, Казахстан

E-mail: zhanar_k_68@mail.ru

Ермагамбет Болат Толеуханулы

Доктор химических наук

ТОО «Институт химии угля и технологии»

г. Астана, Казахстан

E-mail: bake.yer@mail.ru

Капсаямов Бауыржан Ауесханович

Доктор технических наук

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

г. Астана, Казахстан

E-mail: ba.kapsalyamov@gmail.com

Туяк Сандугаиш Нурланқызы

Магистрант

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

г. Астана, Казахстан

E-mail: lady.tuyak@mail.ru

Саулебекова Мезгіл Ерболқызы

Магистр естественных наук

ТОО «Институт химии угля и технологии»

г. Астана, Казахстан

E-mail: mezgil_19_09@mail.ru

Имбаева Дина Сейткаликызы

Магистр естественных наук

ТОО «Институт химии угля и технологии»

г. Астана, Казахстан

E-mail: imbaeva_0705@mail.ru

Казанкапова Майра Куттыбаевна

PhD, ассоциированный профессор

ТОО «Институт химии угля и технологии»

г. Астана, Казахстан

E-mail: maira_1986@mail.ru

Искаков Елдос Семенович
Докторант
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
г. Астана, Казахстан
E-mail: eisk@inbox.ru

Аннотация

Настоящее исследование посвящено оценке экологической эффективности и определению технологических принципов очистки нефтезагрязненных почв с использованием модифицированных гуминовых препаратов. В рамках данной работы проведен литературный обзор проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами и рассмотрены возможности применения гуминовых веществ для их очистки. Проведены экспериментальные исследования, которые показали значительное улучшение качества нефтезагрязненной почвы после обработки гуминовыми препаратами. Полученные результаты подтверждают эффективность и экологичность данного метода очистки почвы, а также привлекательность использования гуминовых веществ с финансовой точки зрения. На основе проведенных исследований предложены рекомендации для оптимизации стратегии рекультивации нефтезагрязненных почв и нефтезамазученных грунтов и дальнейшего развития данной технологии. Полученные результаты могут быть полезны как для научного сообщества, так и для практического применения в сфере охраны окружающей среды и экологического менеджмента.

Ключевые слова: нефтезагрязненная почва; тяжелые металлы; экологическая оценка; атомно-абсорбционный анализ; рекультивация почв; гумат калия; спектрофотометрический метод.

Введение

Нефтезагрязнение почв в Западном регионе Казахстана становится все более актуальной проблемой в свете интенсивной нефтедобычи в регионе. Нефтяные месторождения в этом регионе являются ключевым источником экономического развития, однако зачастую сопровождаются серьезными экологическими последствиями, включая загрязнение почв тяжелыми углеводородами, нефтепродуктами и другими вредными веществами, в частности тяжелыми металлами. Этот факт придает исключительную актуальность проблеме рекультивации загрязненных почв, особенно в свете необходимости разработки эффективных методов очистки с использованием инновационных технологий [1-3].

Одним из перспективных направлений в области рекультивации загрязненных почв является использование гуминовых веществ. Гуматы представляют собой соли гуминовых кислот, являющиеся природными органическими соединениями, которые обладают уникальными свойствами в области образования комплексов с тяжелыми металлами и нефтепродуктами. Их применение в процессе рекультивации может способствовать не только уменьшению концентрации загрязняющих веществ, но и повышению плодородия почвы и восстановлению ее экологической функции [4]. Данные высокомолекулярные органические вещества, образующиеся при разложении растительных остатков, широко применяются в сельском хозяйстве и экологии благодаря своим уникальным свойствам [5-9].

Особое внимание в исследованиях [10-12] уделяется гумату калия, который является одной из наиболее эффективных форм гуматов. Гумат калия, благодаря своей высокой растворимости и биодоступности, может значительно улучшить состояние почвы и способствовать ее очищению от различных загрязнений. Его применение может существенно повлиять на pH почвы, ее физико-химические свойства и содержание питательных веществ, что делает его важным инструментом в ремедиации загрязненных почв.

Различные модификации гумата калия могут оказывать разное влияние на содержание тяжелых металлов в зависимости от их состава и концентрации [13-15]. Это связано с тем, что гуматы могут образовывать прочные комплексы с ионами металлов, изменяя их подвижность и доступность в почве. Кроме того, гуматы могут влиять на микробиологическую активность почвы, стимулируя рост и метаболическую активность микроорганизмов, что способствует биологической деградации загрязняющих веществ. Например, гуматы могут снижать токсичность

тяжелых металлов для растений и микроорганизмов, связывая их в менее доступные формы [16-18]. Это особенно важно в условиях загрязненных почв, где высокая концентрация тяжелых металлов может оказывать негативное воздействие на растения и почвенные экосистемы.

Оценка влияния и подбора оптимальной концентрации растворов базового гумата калия (базовый гумат – К) и с модификациями (N, Fe, NPK и Si) на pH среды, содержание тяжелых металлов (Cr, Zn, Cu, Cd, Pb) и гумуса в почве играют ключевую роль в химических, биологических и отравляющих процессах, происходящих в почве.

Вот основные аспекты, которые следует учитывать:

Состав раствора: Различные виды гуматов (например, калия, натрия, железа и др.) могут оказывать разное влияние на pH почвы. Например, гумат калия может иметь более выраженный щелочной эффект, чем гумат железа. Оптимальный уровень pH в почве важен для роста растений, биологического разнообразия и обеспечения устойчивости экосистемы. Поэтому при выборе раствора гуминовых веществ необходимо учитывать влияние гуминовых препаратов на pH почвы и стремиться поддерживать или восстанавливать оптимальный уровень.

Концентрация раствора: Концентрация растворов гуминовых веществ также оказывает влияние на pH почвы, содержание тяжелых металлов и гумуса. Высокие концентрации могут привести к более существенным изменениям как pH, так и содержания тяжелых металлов и гумуса, чем низкие концентрации.

Учитывая эти факторы, при проведении рекультивации загрязненных почв важно тщательно анализировать влияние различных модификаций гумата калия (N, Fe, NPK, Si) на pH, на содержание и связывание тяжелых металлов и гумуса в почве и выбирать такой состав модификации гумата, который наилучшим образом соответствует поставленным целям и условиям конкретного участка.

Для исследований проведен отбор проб почвы с месторождения Западного Казахстана (Атырауской области) на нефтезагрязненной территории, месторождения Восточный «Мака́т» нефтегазодобывающего управления «Доссормунайгаз».

Цель настоящего исследования заключается в изучении влияния гуминовых препаратов на основе базового гумата калия и модифицированного с NPK, N, Fe, Si на содержание тяжелых металлов, pH и гумуса в нефтезагрязненной почве.

Материалы и методы

Модифицированные гуминовые препараты были получены из гумата калия с добавлением солей железа, азота, кремния и фосфора по способу, описанном в патенте Республики Казахстан на полезную модель № 8360 [19].

Образцы нефтезагрязненной почвы массой 1 кг помещали в пластиковые контейнеры и к каждому образцу добавляли 100 мл раствора (1%, 10%, 30%, и 50%) базового гумата калия и его модификаций с NPK, N, Fe, Si. После добавления раствора, образцы тщательно перемешивали для равномерного распределения гумата калия в почве. Образцы инкубировали при комнатной температуре в течение 24 часов.

Был проведен анализ с применением оборудования Shimadzu AA-7000 (Shimadzu Corporation, Япония). Пробоподготовка включала разрушение образцов методом кислотного разложения (digestion). Образцы почвы подвергались кислотному разложению с использованием смеси концентрированной азотной и соляной кислот. Полученные растворы затем анализировались с применением атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС). В приборе Shimadzu AA-7000 использовалась лампа с полым катодом, соответствующая каждому исследуемому металлу. Этот метод позволил определить содержание тяжелых металлов, таких как свинец (Pb), кадмий (Cd), хром (Cr), цинк (Zn), и медь (Cu), в подготовленных образцах почвы. Для каждого металла определялись характеристические длины волн, что позволяло точно определить их концентрацию в образцах почвы [20-22]. Калибровка атомно-абсорбционного спектрометра проводилась по пяти точкам, охватывающим диапазон концентраций от 0 до 10 мг/л. Полученные данные сравнивались с калибровочными кривыми для определения концентраций тяжелых металлов в образцах почвы. Такой подход позволял более точно определить эффективность очистки нефтезагрязненной почвы от тяжелых металлов при использовании различных концентраций растворов гумата

калия. Это также обеспечивает надежность результатов за счет строгого соблюдения протоколов пробоподготовки и анализа. Образцы почвы массой 1 г помещались в тефлоновые сосуды и подвергались кислотному разложению с использованием смеси концентрированной азотной (HNO₃) и соляной (HCl) кислот в соотношении 3:1. Сосуды затем нагревались до 120 °С в течение 2 часов для полного разрушения органической и минеральной составляющих.

После полученных результатов анализа, были проведены дальнейшие расчеты по определению процента снижения уровня загрязнений нефтезагрязненной почвы после обработки растворами препаратов на основе гумата калия. Например, расчет для металла Cd в образце «Н-Почва + 1% раствор «Гумат калия -N»: исходная концентрация Cd: 0,4586 мг/кг, концентрация Cd после обработки: 0,0020 мг/кг. Разница = 0,4586 - 0,0020 = 0,4566 мг/кг. Процент снижения уровня загрязнения составил = $(0,4566 / 0,4586) * 100\% \approx 99.56\%$.

Атомно-абсорбционный анализ (AAS) является методом определения содержания различных элементов в образцах, основанным на поглощении света атомами анализируемого элемента в газовой фазе. Прибор использует монохроматический источник света, который проходит через испаренные атомы образца и измеряет уровень поглощения света, что позволяет определить концентрацию анализируемых элементов [23-25]. Данный метод позволяет провести анализ содержания тяжелых металлов в почве, воде, а также в других субстратах и оценить эффективность различных методов обработки почвы, включая использование гуматов, в рекультивации загрязненных почв [26]. Анализ по определению процентного содержания гумуса в пробах исследуемых почв проводился в аккредитованной лаборатории анализа почв НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина» по ГОСТ 26213-2021 «Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения органического вещества» [27]. Измерение рН проводилось в лаборатории согласно ГОСТ 26483-85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО» с использованием рН 500 (Eutech Instruments, Сингапур) [28]. Прибор калибровали по трем стандартным буферным растворам (рН 4.00, рН 7.00, и рН 10.00) перед каждым измерением для обеспечения точности данных. Измерения рН проводились после 24 часов взаимодействия растворов, пробы брали по каждой концентрации и проводили тройное измерение для получения среднего значения рН. Такой подход обеспечивал точность измерений, а также позволяет оценить влияние гумата калия на рН нефтезагрязненной почвы.

Результаты

Была изучена оценка влияния различных растворов гумата калия с модификациями (N, Fe, NPK и Si) на содержание рН в нефтезагрязненной почве.

Исходная нефтезагрязненная почва (Н-почва) имела рН 7,97. После внесения раствора «Базовый гумат – К» в концентрации 1%, рН снизился до 7,39, а при увеличении концентрации до 10%, 30% и 50%, рН составил 7,29, 7,40 и 7,38 соответственно, по истечении 30 дней исследования.

При добавлении 1% раствора «Гумат калия – N», рН составил 7,88, а при увеличении концентрации до 50%, рН составил 7,73. Раствор «Гумат калия – Fe» также привел к небольшому изменению рН, при добавлении 1% раствора рН составил 7,89, а при 50% - 7,75. При использовании раствора «Гумат калия – Si» наблюдалось снижение рН по сравнению с исходной почвой. При добавлении 1% раствора рН составил 7,57, а при увеличении концентрации до 30% и 50%, рН составил 7,68 и 7,70 соответственно. Раствор «Гумат калия – NPK» также привел к снижению рН почвы, при добавлении 1% раствора рН составил 7,79, а при увеличении концентрации до 50%, рН составил 7,33. Результаты по содержанию рН и гумуса почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты рН и содержания гумуса в контрольной и опытных образцах почвы

№ п/п	Название пробы	рН почвы	Содержание гумуса, %
1	Исходная нефтезагрязненная почва	7,97	7,68
2	Н- Почва + 1% р-р «Базовый гумат -К»	7,39	9,77
3	Н- Почва + 10% р-р «Базовый гумат -К»	7,29	9,51
4	Н-Почва + 30% р-р «Базовый гумат-К»	7,40	11,31
5	Н-Почва + 50% р-р «Базовый гумат -К»	7,38	9,51
6	Н-Почва+ 1% р-р «Гумат калия -N»	7,88	9,13
7	Н-Почва+ 10% р-р «Гумат калия-N»	7,85	9,51
8	Н-Почва+ 30% р-р «Гумат калия-N»	7,82	12,03
9	Н-Почва+ 50% р-р «Гумат калия -N»	7,73	11,39
10	Н-Почва+ 1% р-р «Гумат калия- Fe»	7,89	10,92
11	Н-Почва+ 10% р-р «Гумат калия- Fe»	7,87	8,23
12	Н-Почва+ 30% р-р «Гумат калия- Fe»	7,81	11,61
13	Н-Почва+ 50% р-р «Гумат калия- Fe»	7,75	12,12
14	Н-Почва+ 1% р-р «Гумат калия - Si»	7,57	11,86
15	Н-Почва+ 10% р-р «Гумат калия - Si»	7,55	11,48
16	Н-Почва+ 30% р-р «Гумат калия - Si»	7,68	11,56
17	Н-Почва+ 50% р-р «Гумат калия - Si»	7,70	11,48
18	Н-Почва+ 1% р-р «Гумат калия- NPK»	7,79	11,05
19	Н-Почва+ 10% р-р «Гумат калия- NPK»	7,48	7,12
20	Н-Почва+ 30% р-р «Гумат калия- NPK»	7,43	7,72
21	Н-Почва+ 50% р-р «Гумат калия- NPK»	7,33	9,98

Таким образом, результаты показали, что различные концентрации растворов базового и модифицированного гумата калия оказывают незначительное влияние на рН исходной нефтезагрязненной почвы и обработанных почв, диапазон колебания значений рН составил от 7,33 до 7,97.

Из таблицы 1 видно, что в исходной почве содержание гумуса составляло 7,68%. После внесения различных концентраций (1%, 10%, 30%, 50%) растворов базового гумата калия и его модификаций (N, NPK, Fe, Si) наблюдалось увеличение содержания гумуса. Например, при добавлении 1% раствора «Базовый гумат-К» содержание гумуса выросло до 9,77%, а при увеличении концентрации до 30% содержание гумуса выросло до 11,31%. При использовании раствора «Гумат калия-N» также отмечалось увеличение содержания гумуса. Например, при добавлении 30% раствора содержание гумуса составило 12,03%. Раствор «Гумат калия-Fe» также оказал положительное влияние на содержание гумуса в почве. Например, при добавлении 50% раствора содержание гумуса увеличилось до 12,12%. С другой стороны, при использовании раствора «Гумат калия-NPK» наблюдалось снижение содержания гумуса по сравнению с исходной почвой. Например, при добавлении 10% раствора содержание гумуса составило 7,12%.

Проведенный анализ показал, что содержание тяжелых металлов в почве варьируется в зависимости от их формы. Металлы могут находиться в почве в различных формах, таких как общая (связанная с минеральной матрицей почвы) и подвижная (растворимая или слабосвязанная с органическими и неорганическими компонентами почвы).

В частности, анализ показал, что содержание тяжелых металлов, таких как Cd и Pb, характерно для общей формы почвы, где они прочно связаны с минеральными частицами и менее доступны для растений и микроорганизмов. В то же время, металлы Cr, Zn и Cu более характерны для подвижной формы, где они могут быть более легко растворены и доступны для поглощения растениями и микроорганизмами. Эти данные указывают на то, что для разработки эффективных

стратегий рекультивации необходимо учитывать форму нахождения металлов в почве, так как разные типы почв могут требовать различных подходов к очистке и восстановлению их плодородия.

В таблице 2 представлены данные по концентрации тяжелых металлов в почве до и после обработки гуминовыми препаратами.

Таблица 2 – Концентрация металлов в почве до и после обработки различными растворами гуминовых препаратов

Название образцов	Cd (мг/кг)	Pb (мг/кг)	Cr (мг/кг)	Zn (мг/кг)	Cu (мг/кг)
(ПДК*) тяжелых металлов в почве	0,5	6,0	6,0	23,0	3,0
Исходная нефтезагрязненная почва	0,4586	1,0757	0,2372	1,1997	0,4586
Н-Почва + 1% р-р «Базовый гумат -К»	0,0010	0,0068	0,1402	0,2122	0,0082
Н-Почва + 10% р-р «Базовый гумат -К»	0,0010	0,0052	0,0040	0,1422	0,0020
Н-Почва + 30% р-р «Базовый гумат -К»	0,0016	0,0038	0,0021	0,0644	следы
Почва + 50% р-р «Базовый гумат -К»	следы	0,0020	0,1604	0,1144	0,0081
Н-Почва + 1% р-р «Гумат калия-N»	0,0020	0,0026	0,2088	1,2714	0,0808
Н-Почва + 10% р-р «Гумат калия -N»	0,0044	0,0034	0,0051	0,1006	0,0072
Н-Почва + 30% р-р «Гумат калия -N»	0,0080	0,0090	0,1605	0,1872	0,0139
Н-Почва + 50% р-р «Гумат калия -N»	0,0031	0,0035	0,2670	0,1966	0,0245
Н-Почва + 1% р-р «Гумат калия- Fe»	0,0028	0,0032	0,0116	0,2140	0,3387
Н-Почва + 10% р-р «Гумат калия- Fe»	0,0000	0,0049	0,3727	1,1576	0,0201
Н-Почва + 30% р-р «Гумат калия- Fe»	0,0001	0,0010	0,0038	0,0276	0,0048
Н-Почва + 50% р-р «Гумат калия- Fe»	следы	0,0016	0,0046	0,1802	0,0082
Н-Почва + 1% р-р «Гумат калия - Si»	0,0014	0,0036	0,0050	1,2292	0,0218
Н-Почва + 10% р-р «Гумат калия - Si»	0,0017	0,0057	0,0074	1,2295	0,0353
Н-Почва + 30% р-р «Гумат калия - Si»	0,0028	0,0068	0,1000	1,2440	0,0650
Н-Почва + 50% р-р «Гумат калия - Si»	0,0075	0,0012	0,1000	1,2454	0,0662
Н-Почва + 1% р-р «Гумат калия- NPK»	0,0010	0,0018	0,0263	1,2770	0,6970
Н-Почва + 10% р-р «Гумат калия- NPK»	0,0000	0,0022	0,0508	0,7102	0,0800
Н-Почва + 30% р-р «Гумат калия- NPK»	0,0068	0,0060	0,0325	0,3038	0,0182
Н-Почва + 50% р-р «Гумат калия- NPK»	следы	0,0014	0,2256	1,2603	0,0176

*Примечание: ПДК (мг/кг): предельно допустимые концентрации для тяжелых металлов в почве в соответствии с нормативами Республики Казахстан (РК).

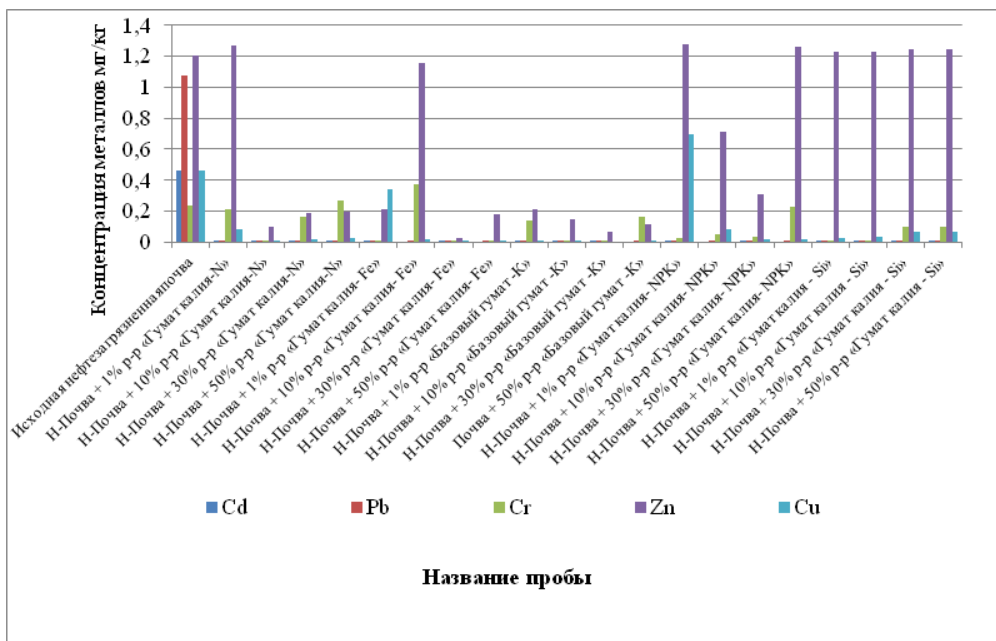


Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма концентрации металлов в исходной нефтезагрязненной почве и после обработки различными растворами гуминовых препаратов

После обработки Н-почвы разными концентрациями растворов гумата калия даже при 1%-ной концентрации наблюдается снижение уровня тяжелых металлов. Результаты, представленные в таблице 2, показали, что содержание тяжелых металлов в почве значительно изменяется в зависимости от концентрации и состава используемого раствора гумата калия. Например, для Cd и Pb наблюдается почти полное удаление при использовании всех типов растворов гумата калия, тогда как для Cr, Zn и Cu эффективность очистки зависит от концентрации раствора и его состава. Из полученных данных видно, что эффективность препаратов на основе гумата калия в снижении концентраций металлов в нефтезагрязненной почве существенно различается в зависимости от их состава и концентрации.

Например, растворы «Гумат калия-N» и «Гумат калия-NPK» при концентрации 1% показывают значительное снижение концентраций металлов по сравнению с исходными значениями в нефтезагрязненной почве. Для свинца (Pb) концентрация снижается с 1,0757 мг/кг до 0,0026 мг/кг в случае «Гумат калия-N» и до 0,0018 мг/кг в случае «Гумат калия-NPK». Для цинка (Zn) снижение концентрации с 1,1997 мг/кг до 1,2714 мг/кг до 1,2770 мг/кг соответственно. Это означает, что обработка почвы этими растворами приводит к значительному снижению загрязнения металлами.

С другой стороны, растворы препарата «Гумат калия-Si», показывают не такое значительное снижение концентраций металлов. Например, концентрация свинца (Pb) после обработки «Гумат калия-Si» при концентрации 1% составляет 0,0036 мг/кг, что сопоставимо с исходной концентрацией в нефтезагрязненной почве.

Анализ показал, что увеличение концентрации растворов препаратов на основе гумата калия в почве приводит к более значительному снижению концентраций металлов.

Например, если при рассмотрении образцов, обработанных раствором «Гумат калия-N», при увеличении концентрации раствора с 1% до 50%, наблюдалось значительное снижение концентраций металлов. Концентрация свинца (Pb) снижалась с 0,0026 мг/кг при концентрации 1% до 0,0035 мг/кг при концентрации 50%. Аналогично, для цинка (Zn) концентрация снижалась с 1,2714 мг/кг до 0,1966 мг/кг.

Подобные тенденции наблюдались и при использовании других растворов препаратов на основе гумата калия. Например, при обработке почвы раствором «Гумат калия-Fe» при увеличении концентрации с 1% до 30% также приводило к снижению концентраций металлов:

для свинца (Pb) концентрация снижалась с 0,0032 мг/кг при концентрации 1% до 0,0046 мг/кг при концентрации 30%.

Процент снижения уровня загрязнения нефтезагрязненной почвы после обработки растворами модифицированных препаратов на основе гумата калия приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Процент снижения уровня загрязнения почвы тяжелыми металлами после обработки растворами гуминовых препаратов

Название образцов	Cd (%)	Pb (%)	Cr (%)	Zn (%)	Cu (%)
Н-Почва + 1% р-р «Базовый гумат -К»	99,54%	99,67%	79,29%	97,85%	98,12%
Н-Почва + 10% р-р «Базовый гумат -К»	99,54%	99,73%	96,13%	95,69%	99,39%
Н-Почва + 30% р-р «Базовый гумат -К»	99,53%	99,76%	96,15%	94,47%	99,62%
Н-Почва + 50% р-р «Базовый гумат -К»	99,56%	99,74%	79,28%	95,84%	98,12%
Н-Почва + 1% р-р «Гумат калия-N»	99,56%	99,74%	88,04%	5,91%	82,42%
Н-Почва + 10% р-р «Гумат калия-N»	99,52%	99,75%	96,14%	95,22%	98,61%
Н-Почва + 30% р-р «Гумат калия-N»	99,46%	99,66%	87,84%	95,60%	97,12%
Н-Почва + 50% р-р «Гумат калия-N»	99,50%	99,75%	93,42%	95,64%	94,97%
Н-Почва + 1% р-р «Гумат калия-Fe»	99,50%	99,73%	95,36%	81,72%	26,19%
Н-Почва + 10% р-р «Гумат калия-Fe»	99,54%	99,72%	100,00%	99,35%	95,63%
Н-Почва + 30% р-р «Гумат калия-Fe»	99,54%	99,77%	96,15%	97,17%	98,99%
Н-Почва + 50% р-р «Гумат калия-Fe»	99,55%	99,76%	96,14%	97,76%	98,12%
Н-Почва + 1% р-р «Гумат калия-Si»	99,54%	99,71%	96,13%	99,36%	95,30%
Н-Почва + 10% р-р «Гумат калия-Si»	99,54%	99,74%	96,13%	99,36%	91,45%
Н-Почва + 30% р-р «Гумат калия - Si»	99,50%	99,66%	94,13%	83,41%	91,04%
Н-Почва + 50% р-р «Гумат калия - Si»	99,47%	99,74%	94,13%	83,59%	90,53%
Н-Почва + 1% р-р «Гумат калия - NPK»	99,54%	99,73%	94,24%	99,98%	90,02%
Н-Почва + 10% р-р «Гумат калия - NPK»	99,53%	99,73%	96,34%	92,75%	96,74%
Н-Почва + 30% р-р «Гумат калия - NPK»	99,50%	99,63%	96,70%	96,11%	98,39%
Н-Почва + 50% р-р «Гумат калия-NPK»	99,55%	99,75%	99,82%	95,48%	98,53%

Таблица показывает процентное снижение концентрации загрязнения для каждого металла и каждого образца после обработки растворами. Положительные значения указывают на уменьшение концентрации металлов, а отрицательные значения могут указывать на увеличение концентрации.

Обсуждение

Исследование загрязнения почв тяжелыми металлами в Западном регионе Казахстана, месторождения Восточный «Макат» (Атырауская область) с использованием базового и модифицированных гуминовых препаратов дало ценные результаты, которые могут быть ключевыми для разработки эффективных методов рекультивации загрязненных почв.

Высокие показатели содержания гумуса в опытных группах наблюдались после обработки 30% и 50% растворами гуминовых препаратов, а в группах Н-Почва + «Гумат калия- Si» и Н-Почва + «Гумат калия - NPK» такие результаты показали 1% растворы гуминовых препаратов. Пробы исследуемых почв по результатам рН классифицировались как слабощелочные, резких изменений рН Н-почвы после обработки растворами препаратов не наблюдалось.

Результаты показали, что различные растворы гумата калия и его модификаций (N, Fe, NPK и Si) оказывали разное воздействие на содержание тяжелых металлов в почве. Например, растворы с добавлением гумата калия - N показывали снижение содержания металлов по сравнению с исходными образцами почвы, в то время как растворы с добавлением гумата калия - Fe, а также Гумат-NPK и Гумат-Si, показывали разные результаты в зависимости от концентрации и состава гуминовых препаратов [29,30].

Таким образом, результаты нашего исследования подтверждают эффективность использования гуминовых препаратов и его модификации с N, Fe, NPK и Si в процессе рекультивации нефтезагрязненных почв. Однако необходимо проведение дальнейших исследований для достижения максимальной эффективности очистки почвы и восстановления ее экологического баланса [31,32].

Заключение

Загрязнение почв тяжелыми металлами в Западном регионе Казахстана является серьезной экологической проблемой, которая требует внимания и разработки эффективных способов рекультивации.

1. Исследование показало, что различные образцы Н-почв имеют разное содержание тяжелых металлов, что важно учитывать при разработке стратегии очистки почвы.

2. Установлено, что использование различных концентраций (1%, 10%, 30%, 50%) растворов гумата калия и его модификаций (N, Fe, NPK и Si) способно максимально снизить содержание тяжелых металлов (Cd, Pb, Cr, Zn, Cu) в Н-почве, а также повысить содержание гумуса и урегулировать рН почвы, что делает препараты потенциально эффективными средствами рекультивации для нефтезагрязненных земель. В среднем, эффективность снижения концентраций тяжелых металлов составила 75%, а повышение содержания гумуса - 15%.

3. Наибольшее снижение концентраций тяжелых металлов наблюдалось при использовании раствора «Гумат калия – NPK» с концентрацией 50%, где содержание Cd снизилось до следов, Pb до 0,0014 мг/кг, Cr до 0,2256 мг/кг, Zn до 1,2603 мг/кг, а Cu до 0,0176 мг/кг.

4. Максимальное повышение содержания гумуса в почве было достигнуто при использовании раствора «Гумат калия – Si» с концентрацией 50%, где процентное содержание гумуса возросло на 20%.

5. Необходимо дальнейшее исследование в области определения оптимальных составов и концентраций растворов гуминовых препаратов, а также изучение влияния данных препаратов на экологическое состояние почвы и биологический состав микроорганизмов.

6. Полученные данные могут быть использованы для разработки практических рекомендаций по очистке, загрязненных Н-почв и восстановлению их экологического баланса в Западном регионе Казахстана и в районах с аналогичной экологической ситуацией.

Информация о финансировании

Данная работа выполнена в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан проекта по теме AP19679324 «Исследование и рекультивация нефтезагрязненных земель гуминовыми веществами».

Список литературы

- 1 Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях [Текст]: учебник // Ю.В. Алексеев. - Л.: Агропромиздат, 1987. - 141 с.
- 2 Колесников, С.И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного [Текст] / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев В.Ф. Вальков // Экология. - 2000. - № 3. - С. 193-201.
- 3 Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение [Текст] / В.Б. Ильин // Почвоведение. - 1991. - №. 9. - С. 1112-1119.
- 4 Дударчик, В.М. Электронномикроскопические исследования гуминовых кислот [Текст] / В.М. Дударчик, Т.П. Смычник // Почвоведение. - 2003. - №. 11. - С. 1335-1341.
- 5 Stevenson, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions [Text] / F. J. Stevenson // John Wiley & Sons, 1994.
- 6 Senesi, N. The chemistry of soil organic matter [Text] / N. Senesi, E. Loffredo // Soil physical chemistry. CRC press. - 2018. - P. 239-370.
- 7 Canellas, L.P. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter [Text] / L.P. Canellas, F.L. Olivares // Chemical and Biological Technologies in Agriculture. - 2014. - Т. 1. - С. 1-11.

8 Pinton, R. The rhizosphere: biochemistry and organic substances at the soil-plant interface [Text] / R. Pinton, Z. Varanini, P. Nannipieri // CRC press, 2007.

9 Akimbekov, N.S. Low-rank coal as a source of humic substances for soil amendment and fertility management [Text] / N.S. Akimbekov et al. // Agriculture. - 2021. - Т. 11. - Vol. 12. - P. 1261.

10 Canellas, L.P. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture [Text] / L.P. Canellas et al. // Scientia horticultrae. - 2015. - Т. 196. -P. 15-27.

11 Olk, D.C. Environmental and agricultural relevance of humic fractions extracted by alkali from soils and natural waters [Text] / D.C. Olk et al. // Journal of Environmental Quality. - 2019. - Т. 48. - Vol. 2. - P. 217-232.

12 Cimrin, K.M. "Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability" [Text] / K.M. Cimrin, I. Yilmaz // Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science. - 2005. - Vol.55(1). - P.58-63.

13 Trevisan, S. "Humic substances biological activity at the plant-soil interface: From environmental aspects to molecular factors" [Text] / S. Trevisan, O. Francioso, S. Quaggiotti, S. Nardi // Plant Signaling & Behavior. - 2010. - Vol.5(6). – P.635-643.

14 Muscolo, A. "Humic substance-mediated enhancement of phenylpropanoid metabolism in maize seedlings" [Text] / A. Muscolo, M. Sidari, S. Nardi // Journal of Chemical Ecology. - 2013. - Vol.39(7). - P.965-967.

15 Rosa, C.M. "Soil chemical attributes and maize growth under humic acid and nitrogen fertilization" [Text] / C.M. Rosa, R.M. Prado, G. Caione, // Journal of Plant Nutrition. - 2020. - Vol.43(1). - P.1-10.

16 Jindo, K. "Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes" [Text] / K. Jindo, S.A. Martim, E.C. Navarro, F. Pérez-Alfocea, T. Hernandez, C. Garcia, R. Aguiar Nolzco // Plant and Soil. - 2012. - Vol. 353(1-2). - P.209-220.

17 Sadegh-Zadeh, F. "Impact of humic acid application on heavy metal availability and uptake by maize (*Zea mays* L.) in contaminated soils" [Text] / F. Sadegh-Zadeh, S. Miroliaei // Environmental Science and Pollution Research. - 2021. - Vol. 28(7). - P.8650-8658.

18 Способ получения комплексного модифицированного биопрепарата (варианты) [Текст]: пат. № 8360 РК: Ермагамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Казанкапова М.К., Саулебекова М.Е., Имбаева Д.С.; заявитель и патентообладатель ТОО «Институт химии угля и технологии», ТОО «НПО «Казтехноуголь»; заявка 2023/0486.2. заявл.04.05.2023, опубл. 18.08.2023 г.

19 Зырин, Н.Г. Спектральный анализ почв, растений и других биологических объектов [Текст]: учебник / Н.Г. Зырин., А.И. Обухов. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. - 334 с.

20 Кузяков, Ю.Я., Семенов, К.А., Зоров, Н.Б. Методы спектрального анализа [Текст]: учеб. пособие / Ю.Я. Кузяков., К.А. Семенов, Н.Б. Зоров. -М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. - 213 с.

21 Сивакова, Л.Г. Физико-химические свойства гуминовых веществ [Текст] / Л.Г. Сивакова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2007. - № 2. - С. 88-91.

22 Обухов, А.И. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях [Текст]: учебник / А.И. Обухов, О.И. Плеханова. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. -183 с.

23 Орлов, Д.С. Свойства и функции гуминовых веществ [Текст] / Д.С. Орлов // Гуминовые вещества в биосфере / под ред. Д.С. Орлова. - М.: Наука, 1993. - 298 с.

24 Welz, B. High-resolution continuum source AAS: the better way to perform atomic absorption spectrometry [Text] / B. Welz // Anal. Bioanal. Chem. - 2005. - Vol. 381. - P. 69-71.

25 РД 52.18.289-90 Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно - абсорбционным анализом [Текст]: Методические указания. Государственный комитет СССР по Гидрометеорологии. - Москва. 1990. - 36 с.

26 Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения органического вещества [Текст]: ГОСТ 26213-2021. Государственный комитет СССР по стандартам. - Москва. - 1985. - 6 с.

27 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО [Текст]: ГОСТ 26483-85. Российский институт стандартизации. - Москва. 2021. - 11 с.

28 Тихонов, В.В. Использование гуминовых кислот, сорбированных на микроорганизмах,

в ликвидации нефтяных загрязнений [Текст]: В.В. Тихонов, О. В. Лисовицкая // Материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием «Гуминовые вещества в биосфере». -Сыктывкар, 2014. - 147-150 с.

29 Салим, К.М. Использование гуминовых препаратов для детоксикации и биodeградации нефтяного загрязнения [Текст]: автореф. дисс. ... на соискание ученой степени канд. техн. наук / К. М. Салим . - М., РГУ нефти и газа, 2004. - 28 с.

30 Perminova, I.V. Impact of humic substances on the toxicity of xenobiotic organic compounds [Text] / I.V. Perminova, N. Yu. Grechishcheva, V.S. Petrosyan, M.A. Anisimova, N.A. Kulikova, G.F. Lebedeva, D.N. Matorin, P.S. Venediktov // Humic substances and chemical contaminants. USA, Madison, WI. Eds: MHB Hayes, CE. Clapp, N. Senesi, PR Bloom and PM Jardine. - 2001. - P. 275-287.

31 Кудайберген, Г.К. Сорбция металлов функционализированными производными гуминовых кислот [Текст] / Г.К. Кудайберген, З.Г.Аккулова, А.К. Амирханова, А.Х. Жакина, Е.П. Василец, О.В. Садыкова // Химический журнал Казахстана. - 2015. - № 2. - С. 149.

References

1 Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях [Текст]: учебник // Ю.В. Алексеев. - Л.: Агропромиздат, 1987. -141 с.

2 Колесников, С.И. Влияние загрязнения тяжелые металлами на экологию – биологические свойства чернозема обыкновенного [Текст] / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев В.Ф. Вальков // Экология. - 2000. - № 3. - С. 193-201.

3 Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение [Текст] / В.Б. Ильин // Почвоведение. - 1991. - №. 9. - С. 1112-1119.

4 Дударчик, В. М., Смычник Т. П. Электронномикроскопические исследования гуминовых кислот [Текст] / В.М. Дударчик, Т.П. Смычник // Почвоведение. - 2003. - №. 11. - С. 1335-1341.

5 Stevenson, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions [Text] / F. J. Stevenson // John Wiley & Sons, 1994.

6 Senesi, N. The chemistry of soil organic matter [Text] / N. Senesi, E. Loffredo // Soil physical chemistry. CRC press. - 2018. - P. 239-370.

7 Canellas, L.P. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter [Text] / L.P. Canellas, F.L. Olivares // Chemical and Biological Technologies in Agriculture. - 2014. - Т. 1. - С. 1-11.

8 Pinton, R. The rhizosphere: biochemistry and organic substances at the soil-plant interface [Text] / R. Pinton, Z. Varanini, P. Nannipieri // CRC press, 2007.

9 Akimbekov, N.S. Low-rank coal as a source of humic substances for soil amendment and fertility management [Text] / N.S. Akimbekov et al. // Agriculture. - 2021. - Т. 11. - Vol. 12. - P. 1261.

10 Canellas, L.P. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture [Text] / L.P. Canellas et al. // Scientia horticultrae. - 2015. - Т. 196. -P. 15-27.

11 Olk, D.C. Environmental and agricultural relevance of humic fractions extracted by alkali from soils and natural waters [Text] / D.C. Olk et al. // Journal of Environmental Quality. - 2019. - Т. 48. - Vol. 2. - P. 217-232.

12 Cimrin, K.M. "Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability" [Text] / K.M. Cimrin, I. Yilmaz // Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, - 2005. - Vol.55(1). - P.58-63.

13 Trevisan, S. "Humic substances biological activity at the plant-soil interface: From environmental aspects to molecular factors" [Text] / S. Trevisan, O. Francioso, S. Quaggiotti, S. Nardi // Plant Signaling & Behavior. - 2010. - Vol.5(6). – P.635-643.

14 Muscolo, A. "Humic substance-mediated enhancement of phenylpropanoid metabolism in maize seedlings" [Text] / A. Muscolo, M. Sidari, S. Nardi // Journal of Chemical Ecology. - 2013. - Vol.39(7). - P.965-967.

15 Rosa, C.M. "Soil chemical attributes and maize growth under humic acid and nitrogen fertilization" [Text] / C.M. Rosa, R.M. Prado, G. Caione, // Journal of Plant Nutrition. - 2020. - Vol.43(1). - P.1-10.

16 Jindo, K. "Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes" [Text] / K. Jindo, S.A. Martim, E.C. Navarro, F. Pérez-Alfocea, T. Hernandez, C. Garcia, R. Aguiar Nolasco // *Plant and Soil*. - 2012. - Vol. 353(1-2). - P.209-220.

17 Sadegh-Zadeh, F. "Impact of humic acid application on heavy metal availability and uptake by maize (*Zea mays* L.) in contaminated soils" [Text] / F. Sadegh-Zadeh, S. Miroliaei // *Environmental Science and Pollution Research*. - 2021. - Vol. 28(7). - P.8650-8658.

18 Способ получения комплексного модифицированного биопрепарата (варианты) [Текст]: пат. № 8360 РК: Ермағамбет Б.Т., Касенова Ж.М., Казанкапова М.К., Саулебекова М.Е., Имбаева Д.С.; заявитель и патентообладатель ТОО «Институт химии угля и технологии», ТОО «НПО «Казтехноуголь»; заявка 2023/0486.2. заявл.04.05.2023, опубл. 18.08.2023 г.

19 Зырин, Н.Г. Спектральный анализ почв, растений и других биологических объектов [Текст]: учебник / Н.Г. Зырин., А.И. Обухов. -М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. - 334 с.

20 Кузяков, Ю.Я., Семенов, К.А., Зоров, Н.Б. Методы спектрального анализа [Текст]: учеб. пособие / Ю.Я. Кузяков., К.А. Семенов, Н.Б. Зоров. -М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. - 213 с.

21 Сивакова, Л.Г. Физико-химические свойства гуминовых веществ [Текст] / Л.Г. Сивакова // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. - 2007. - № 2. - С. 88-91.

22 Обухов, А.И. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях [Текст]: учебник / А.И. Обухов, О.И. Плеханова. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. -183 с.

23 Орлов, Д.С. Свойства и функции гуминовых веществ [Текст] / Д.С. Орлов // *Гуминовые вещества в биосфере* / под ред. Д.С. Орлова. - М.: Наука, 1993. - 298 с.

24 Welz, B. High-resolution continuum source AAS: the better way to perform atomic absorption spectrometry [Text] / B. Welz // *Anal. Bioanal. Chem.* - 2005. - Vol. 381. - P. 69-71.

25 РД 52.18.289-90 Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно - абсорбционным анализом [Текст]: Методические указания. Государственный комитет СССР по Гидрометеорологии. - Москва. 1990. - 36 с.

26 Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения органического вещества [Текст]: ГОСТ 26213-2021. Государственный комитет СССР по стандартам. - Москва. - 1985. - 6 с.

27 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО [Текст]: ГОСТ 26483-85. Российский институт стандартизации. - Москва. 2021. - 11 с.

28 Тихонов, В.В. Использование гуминовых кислот, сорбированных на микроорганизмах, в ликвидации нефтяных загрязнений [Текст]: В.В. Тихонов, О. В. Лисовицкая // *Материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием «Гуминовые вещества в биосфере»*. - Сыктывкар, 2014. - 147-150 с.

29 Салим, К.М. Использование гуминовых препаратов для детоксикации и биодegradации нефтяного загрязнения [Текст]: автореф. дисс. ... на соискание ученой степени канд. техн. наук / К. М. Салим . - М.: РГУ нефти и газа, 2004. - 28 с.

30 Perminova, I.V. Impact of humic substances on the toxicity of xenobiotic organic compounds [Text] / I.V. Perminova, N. Yu. Grechishcheva, V.S. Petrosyan, M.A. Anisimova, N.A. Kulikova, G.F. Lebedeva, D.N. Matorin, P.S. Venediktov // *Humic substances and chemical contaminants. USA, Madison, WI. Eds: MHB Hayes, CE. Clapp, N. Senesi, PR Bloom and PM Jardine*. - 2001. - P. 275-287.

31 Кудайберген, Г.К. Сорбция металлов функционализированными производными гуминовых кислот [Текст] / Г.К. Кудайберген, З.Г.Аккулова, А.К. Амирханова, А.Х. Жакина, Е.П. Василец, О.В. Садыкова // *Химический журнал Казахстана*. - 2015. - № 2. - С. 149.

МЕТАЛДЫҢ ЛАСТАНУЫН АЗАЙТУ ҮШІН ГУМИНДІ ЗАТТАРМЕН ТОПЫРАҚТЫ ӨНДЕУ ӘДІСТЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ

Касенова Жанар Муратбековна

*Техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
«Көмір химиясы және технология институты» ЖШС
Астана қ., Қазақстан
E-mail: zhanar_k_68@mail.ru*

Ермағамбет Болат Төлеуханұлы

*Химия ғылымдарының докторы
«Көмір химиясы және технология институты» ЖШС
Астана қ., Қазақстан
E-mail: bake.yer@mail.ru*

Қапсалямпов Бауыржан Әуесханұлы

*Техника ғылымдарының докторы
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
ББС кафедрасының профессоры
Астана қ., Қазақстан
E-mail: ba.kapsalyatov@gmail.com*

Тұяқ Сандуғаш Нұрланқызы

*Магистрант
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Астана қ., Қазақстан
E-mail: lady.tuyak@mail.ru*

Саулебекова Мезгіл Ерболқызы

*Жаратылыстану ғылымдарының магистрі
«Көмір химиясы және технология институты» ЖШС
Астана қ., Қазақстан
E-mail: mezhil_19_09@mail.ru*

Имбаева Дина Сейткаликызы

*Жаратылыстану ғылымдарының магистрі
«Көмір химиясы және технология институты» ЖШС
Астана қ., Қазақстан
E-mail: imbaeva_0705@mail.ru*

Казанкапова Майра Қуттыбаевна
PhD, қауымдастырылған профессор

*«Көмір химиясы және технология институты» ЖШС
Астана қ., Қазақстан
E-mail: maira_1986@mail.ru*

Искаков Елдос Семенович

*Докторант
Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Астана қ., Қазақстан
E-mail: eisk@inbox.ru*

Түйін

Бұл зерттеу экологиялық тиімділікті бағалауға және модификацияланған гуминді препараттарды қолдану арқылы мұнаймен ластанған топырақтарды тазалаудың технологиялық

принциптерін анықтауға арналған. Осы жұмыс шеңберінде топырақтың ауыр металдармен ластану проблемасына әдеби шолу жүргізіліп, оларды тазарту үшін гуминді заттарды пайдалану мүмкіндіктері қарастырылды. Гуминді препараттармен өңдеуден кейін мұнаймен ластанған топырақтың сапасының айтарлықтай жақсарғанын көрсететін эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Алынған нәтижелер топырақты тазартудың бұл әдісінің жоғары тиімділігі мен экологиялық қауіпсіздігін, сонымен қатар қаржылық тұрғыдан гумусты заттарды қолданудың тартымдылығын растайды. Жүргізілген зерттеулер негізінде емдеу стратегиясын оңтайландыру және осы технологияны одан әрі дамыту бойынша ұсыныстар ұсынылды. Алынған нәтижелер ғылыми қоғамдастық үшін де, қоршаған ортаны қорғау және қоршаған ортаны басқару саласында практикалық қолдану үшін де пайдалы болуы мүмкін.

Кілт сөздер: мұнаймен ластанған топырақ; ауыр металдар; экологиялық бағалау; атомдық-абсорбциялық талдау; топырақты қалпына келтіру; калий гуматы; спектрофотометриялық әдіс.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF SOIL TREATMENT METHODS WITH HUMIC SUBSTANCES TO REDUCE METAL POLLUTION

Kassenova Zhanar Muratbekovna

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology"
Astana, Kazakhstan
E-mail: zhanar_k_68@mail.ru*

Yermagambet Bolat Toleukhanuly

*Doctor of Chemical Science, Professor
LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology"
Astana, Kazakhstan
E-mail: bake.yer@mail.ru*

Kapsalyamov Bauyrzhan Aueskhanovich

*Doctor of Technical Science, Professor
L.N. Gumilyov Eurasian National University
Astana, Kazakhstan
E-mail: ba.kapsalyamov@gmail.com*

Tuyak Sandugash Nurlankyzy

*Master's Student
L.N. Gumilyov Eurasian National University
Astana, Kazakhstan
E-mail: lady.tuyak@mail.ru*

Saulebekova Mezgil Yerbolkyzy

*Master of Natural Science
LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology"
Astana, Kazakhstan
E-mail: mezigil_19_09@mail.ru*

Imbayeva Dina Seitkalikyzy

*Master of Natural Science
LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology"
Astana, Kazakhstan
E-mail: imbaeva_0705@mail.ru*

Kazankapova Maira Kuttybaevna
PhD, Associate Professor
LLP "Institute of Coal Chemistry and Technology"
Astana, Kazakhstan
E-mail: maira_1986@mail.ru

Iskakov Eldos Semenovich
Doctoral student
L.N. Gumilyov Eurasian National University
Astana, Kazakhstan
E-mail: eisk@inbox.ru

Abstract

This study is devoted to assessing the environmental effectiveness and determining the technological principles for cleaning oil-contaminated soils using modified humic preparations. As part of this work, a literary review of the problem of soil contamination with heavy metals was carried out and the possibilities of using humic substances for their purification were considered. Experimental studies were carried out that showed a significant improvement in the quality of oil-contaminated soil after treatment with humic preparations. The results obtained confirm the high efficiency and environmental safety of this method of soil purification, as well as the attractiveness of using humic substances from a financial point of view. Based on the conducted research, recommendations were proposed for optimizing the treatment strategy and further development of this technology. The results obtained can be useful both for the scientific community and for practical application in the field of environmental protection and environmental management.

Keywords: oil-contaminated soil; heavy metals; environmental assessment; atomic absorption analysis; soil reclamation; potassium humate; spectrophotometric method.