

Код МРНТИ 87.15.09

Г.А. Исенгалиева, *Г.А. Гатаулина, С.К. Алмат, А.А. Тогизбаева
 Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова (г. Актюбе, Казахстан)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ БАССЕЙНА РЕКИ ЭМБА И ОЧИСТКА ИХ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Аннотация. Научная статья посвящена изучению серьезной проблемы загрязнения почв нефтепродуктами в бассейне реки Эмба. Исследование направлено на анализ воздействия нефтепродуктов на окружающую среду и разработку эффективных стратегий управления рисками и санации. Эта статья направлена на предоставление комплексного взгляда на проблему загрязнения почв нефтепродуктами в бассейне реки Эмба и предлагает практические подходы к ее решению с учетом научных, экологических и социальных аспектов с использованием углеродного сорбента. В настоящее время углеродные сорбенты рассматриваются как совокупность графитоподобных кристаллов, размер которых зависит от природы исходного материала, температуры его разложения и способности активации.

Ключевые слова: загрязнение почв, бассейн реки Эмба, нефтепродукты, экологические проблемы, почвенный покров, источники загрязнения, распространение загрязнений, экологические последствия, мониторинг загрязнений, стратегии управления рисками.

Embа өзені бассейнінің топырақтың ластануы және оларды мұнай өнімдерінен тазарту

Андратпа. Ғылыми мақала Embа өзенінің бассейніндегі топырақтың мұнай өнімдерімен ластануының күрделі мәселесін зерттеуге арналған. Зерттеу мұнай өнімдерінің қоршаған ортаға әсерін талдауға және тәуекелдерді басқару мен санитарлық тазалаудың тиімді стратегияларын жасауға бағытталған. Бұл мақала Embа өзенінің бассейніндегі топырақтың мұнай өнімдерімен ластануы мәселесіне жан-жақты көзқарас беруге бағытталған және көміртекті сорбентті қолдана отырып, ғылыми, экологиялық және әлеуметтік аспектілерді ескере отырып, оны шешудің практикалық тәсілдерін ұсынады. Қазіргі уақытта көміртекті сорбенттер мөлшері бастапқы материалдың табиғатына, оның ыдырау температурасына және белсендіру қабілетіне байланысты графит тәрізді кристаллиттердің жиынтығы ретінде қарастырылады.

Түйінді сөздер: топырақтың ластануы, Embа өзенінің бассейні, мұнай өнімдері, экологиялық мәселелер, жер жамылғысы, ластану көздері, ластанудың таралуы, экологиялық салдары, ластануды бақылау, тәуекелдерді басқару стратегиялары.

Pollution of soils in the Emba river basin and their cleaning of petroleum products

Abstract. The scientific article is devoted to the study of the serious problem of soil pollution with petroleum products in the Emba River basin. The research is aimed at analyzing the impact of petroleum products on the environment and developing effective risk management and rehabilitation strategies. This article aims to provide a comprehensive look at the problem of soil pollution with petroleum products in the Emba River basin and offers practical approaches to solving it, taking into account scientific, environmental and social aspects using a carbon sorbent. Currently, carbon sorbents are considered as a set of graphite-like crystallites, the size of which depends on the nature of the source material, its decomposition temperature and activation ability.

Key words: soil pollution, Emba River basin, petroleum products, environmental problems, soil cover, pollution sources, pollution spread, environmental consequences, pollution monitoring, risk management strategies.

Введение

В связи с ростом цен на углеродные материалы появилась необходимость в применении собственных недорогих, доступных источников сырья. Таким сырьем послужили сельскохозяйственные отходы, а именно отходы рисопереработки – рисовая шелуха, образующаяся в процессе переработки рисовой шелухи.

В современной промышленности углеродный сорбент, полученный из рисовой шелухи, находит все возрастающее использование в силу своей универсальной способности поглощать различные вещества как из газов, так и из растворов.

Актуальность

В республике выдвигаются преимущественно проблема локализации, устранения загрязнений, разработка способа утилизации отходов нефтедобычи в связи с активно повышающимся объемом добычи нефти, а также крупномасштабными нефтяными загрязнениями окружающей среды.

Актюбинская область находится в положении зон особого экологического напряжения Казахстана. Влиянием на экологическую ситуацию, прежде всего, являются антропогенные факторы – интенсивное загрязнение атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, а через них почвенного и растительного покрова тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтепродуктами и другими вредными веществами. Проблема утилизации нефтяных отходов и грунта, загрязненного нефтью, очень важна, описаны и предложены различные варианты утилизации отходов, тем не менее, в зависимости от состава и содержания органической и минеральной фаз в отходах, от типа нефти

месторождений, эти предложенные методы утилизации все еще недостаточны.

Материал и методы исследований

Материал для работы был получен в ходе проведения полевых работ по очистке нефтезагрязненных почв в 2022 г., а также аналитических лабораторных исследований. Отбор проб почвы на химический анализ, их хранение осуществлялись согласно ГОСТам. Пробы почвы были проанализированы в испытательной лаборатории с использованием общепринятых методик.

Целью исследования является разработка нового метода по очищению почв от различных видов нефтепродуктов, основанного на модернизации ранее существующих способов. В процессе работы были использованы теоретический и аналитический методы исследования. При теоретическом методе рассматривались литературные источники по существующим методам очищения грунтов, о применяемых российскими предприятиями и наиболее распространенных способах, изучалась литература по работам, связанным с грунтами в области промышленного и гражданского строительства. При аналитическом методе сделан анализ изученной литературы, подобран наиболее эффективный метод очищения, выбраны оборудование для производства работ и рабочая жидкость, с помощью которой будет проводиться очищение. Результатом исследования является разработанный метод по очищению почвы от нефтепродуктов, заключающийся в использовании углеродного сорбента, полученного путем пиролиза рисовой шелухи. Исследование проводилось на территории города Актюбе. По итогам исследования сделаны выводы о том, что данный метод является очень простым и дает воз-

возможность наглядно наблюдать степень очищения почвы.

Актюбинская область занимает 75% территории Прикаспийской низменности. Водные ресурсы области представлены рекой Урал и ее притоками: Илек, Хобда, Орь, а также рекой Эмба с ее притоками Темир, Аджаксы, Кундузды. Распределение речной сети на территории Урало-Эмбинского физико-географического района обусловлено наличием на юго-западе Каспийского моря и на северо-востоке горных сооружений Южного Урала, поэтому реки здесь имеют общее направление течения с северо-востока на юго-запад. По особенностям формирования гидрографической сети территория относится к подрайону «Бессточные реки восточной части Прикаспийской низменности». Реки маловодные с резко выраженным преобладанием стока в весенний период.

Река Эмба начинается на западном склоне Мугалжарских гор. Длина реки 712 км, общая площадь водосбора 40400 кв. км, в пределах области – 34800 кв. км. Река Эмба используется для водоснабжения населения, орошения и водопоя скота, любительской рыбалки. В многоводные годы река имела связь с Каспийским морем. В бассейне реки находятся месторождения нефти и газа, в частности месторождение Жанажол.

В данной статье мы хотим остановиться на очистке почвы от нефтепродуктов с использованием углеродного сорбента. В современной промышленности углеродные сорбенты находят все возрастающее использование в силу их универсальной способности поглощать различные вещества как из газов, так и из растворов.

Чрезвычайный интерес представляют наши исследования по применению углеродного сорбента, полученного пиролизом рисовой шелухи, для очистки почв, загрязненных нефтепродуктами.

В современной промышленности углеродные сорбенты все чаще используются из-за их способности эффективно улавливать различные вещества из газов и растворов. Сегодня углеродные сорбенты оцениваются как агрегаты кристаллов, размер которых зависит от исходного материала, температуры разложения и активационной способности. Их источниками могут быть древесина, нефтепродукты, различные виды угля, скорлупа кокосового ореха и фруктовые косточки. В Казахстане долгое время углеродные сорбенты поставлялись из-за границы, но из-за роста

цен на сырье в стране возникла необходимость использовать местные ресурсы, такие как сельскохозяйственные отходы, включая рисовую шелуху и лигнинные остатки. Это открывает возможности для производства фитосорбентов в Казахстане. На рисоперерабатывающих заводах страны годовой объем рисовой шелухи достигает 50 тыс. тонн, большая часть которой пока просто выбрасывается, создавая экологические проблемы. Исследования по использованию углеродного сорбента, полученного из рисовой шелухи, для очистки почв от нефтепродуктов представляют большой интерес.

Известно, что одной из крупных экологических проблем нефтехранилищ, нефтедобывающих и занимающихся транспортом нефти и нефтепродуктов предприятий, является загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами. Загрязненные земли непригодны для использования в сельском хозяйстве.

В связи с этим возникает необходимость проведения биоремедиации замасоченных территорий. Это трудоемкая, дорогостоящая и продолжительная процедура. В лабораторных условиях проведены исследования по очистке нефтесодержащих почв. Для проведения исследования использовались почвы с месторождения Жанажол с содержанием нефтепродуктов 3,82 мг/кг. Для очистки почвы применяли углеродсодержащий сорбент в виде легкой стружки, имеющий следующий состав: C – 50-52%, SiO₂ – 40-42% и Σ неорганических примесей 2-5%.

А также в исследованиях почвенного покрова показали Zc, равный 2,5, что соответствует низкому уровню загрязнения. По лабораторным данным почва поселка загрязнена медью (1,3 ПДК), никелем (1,0 ПДК) и хромом (2,1 ПДК). Уровни содержания исследуемых химических веществ, близкие к кларковым значениям, не обнаружены. В пробах поверхностной воды (р. Эмба) концентрация фенола достигала 6,2 ПДК, биохимическое потребление кислорода (БПК) и окисляемость превышали гигиенические нормативы соответственно в 2,7 и 1,0 раза. Концентрации свинца, кадмия, ртути, селена, меди, хрома, никеля, мышьяка не превышали нормативных показателей.

Почвенный покров (3 критерия): 1) индекс загрязнения почвы (Zc); 2) кратность превышения ПДК, приоритетных по опасности вредных химических веществ; 3) показатель химического загрязнения (ПХЗ).

Таблица 1

Результаты очистки почвы от нефтепродуктов

Кесте 1

Мұнай өнімдерінен топырақты тазарту нәтижелері

Table 1

Results of soil purification from petroleum products

Место отбора пробы	№ пробы	Содержание нефтепродуктов, мг/кг		Эффективность поглощения, мг н/п г сорбента
		До эксперимента	После эксперимента	
Месторождение Жанажол	1	3,82	0,90	0,40
	2	3,82	1,30	0,18
	3	3,82	1,18	0,12
	4	3,82	3,82	

Повышенные концентрации в почве меди, никеля и хрома свидетельствуют не только о горно-геологических особенностях грунта, но и отражают загрязнение почвы нефтью, буровыми сточными водами и буровым шламом. Наличие в воде открытых водоемов и, в частности, реки Эмба (Жем) фенолов, также свидетельствует о специфическом техногенном загрязнении водоисточника. Проведенное эколого-гигиеническое ранжирование территорий населенных пунктов позволило констатировать, что состояние окружающей природной среды нужно рассматривать как кризисное. Все вышеизложенное диктует необходимость совершенствования системы лабораторного контроля за загрязнением атмосферного воздуха, почвы, воды в нефтегазодобывающих районах, а также разработки наиболее значимых эколого-гигиенических показателей, характеризующих качество состояния объектов окружающей природной среды.

Полученные результаты и их обсуждение

Из табл. 1 видно, что если в исходной пробе содержание нефтепродуктов мало, то эффективно очищает малая концентрация сорбента, например, в почвах с содержанием 3,82 мг/кг при 5 граммах сорбента очищение прошло эффективно (1 проба – 5 г сорбента, 2 – 10 г сорбента, 3-15 г сорбента, 4 – контрольная). Исходя из вышеописанного эксперимента, данный углеродный сорбент является эффективным для очистки почвы в естественных условиях.

Выводы

Основные загрязняющие вещества (хром, сульфаты, нефтепродукты) распределены в водах Актюбинского водохранилища в целом равномерно; острая токсичность вод и повышенное загрязнение донных отложений характерны для локальных участков водоема, прилегающих к урбанизированной зоне.

Уровень накопления загрязняющих веществ в высшей водной растительности определяется степенью зарастания и проточности мелководных участков, а также физиологическим состоянием и типом самой водной растительности. По возрастанию содержания тяжелых металлов в фитомассе высшая водная растительность располагается в следующем порядке: плавающая – прибрежноводная – погруженная.

Мелководные участки Актюбинского водохранилища депонируют в своих компонентах около 10-20% тяжелых металлов и 40-70% биогенных элементов от их общего накопления в водохранилище, выполняя роль естественного биофильтра и способствуя самоочищению водоема.

Таким образом, использование углеродного сорбента для очистки загрязненных нефтесодержащих почв решает ряд экологических проблем: прежде всего, могут быть ликвидированы отвалы рисовой шелухи, при разложении которой выделяются токсичные газы, появляется возможность очистить загрязненные нефтесодержащие почвы, рекультивировать их и вернуть эти участки земли для сельскохозяйственных посадок. Все это будет способствовать улучшению состояния окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кристофер Э. Экпньонг. Последние достижения в области охраны труда и/или окружающей среды у работников, подвергающихся воздействию бензиновых соединений. / Кристофер Э. Экпньонг, Асуко Э. // *Международный журнал медицины труда и гигиены окружающей среды*. 2017. №30 (1). С. 1-26 (на английском языке)
2. Женди Ванг. Экологическая экспертиза разливов нефти: снятие отпечатков пальцев и идентификация источника. / Женди Ванг, Скотт А. Стаут, Пол М. Фингас. // *Elsevier Science*. 2016. С. 381-403 (на английском языке)
3. Демельханов М.Д. Экологические последствия разливов нефти. / М.Д. Демельханов, З.П. Оказова, И.М. Чупанова. // *Успехи современного естествознания*. 2015. №12. С. 91-94 (на русском языке)
4. Цзэн-Тянь Ли, Хао-Тонг Ву, Ван-И Чен, Фу-Ан Хе, Де-Хао Ли. Получение магнитных супергидрофобных меламиновых губок для эффективного разделения нефти и воды. // *Технология разделения и очистки*. 2019. Т. 212. С. 40-50 (на английском языке)
5. Корнилов А.С. Управление многосредовым риском для здоровья населения промышленно развитых городов Свердловской области. / А.С. Корнилов, Л.И. Привалова, Е.А. Кузьмина, С.В. Ярушин и др. // *Гигиена и санитария*. 2015. №2. С. 123-128 (на русском языке)
6. Бабаев Э.Р. Особенности преобразования углеводородного состава нефтей Апшеронского полуострова в процессе их микробиологической деградации в почве. // *Территория Нефтегаз*. 2018. №6. С. 104-112 (на русском языке)
7. Рахманова Г.Ф. Влияние наносорбента на процессы биоремедиации нефтезагрязненной почвы. / Г.Ф. Рахманова, Н.Л. Шаронова, И.А. Дегтярева. // *Вестник Казанского технологического университета*. 2016. Т. 19. №5. С. 149-152 (на русском языке)
8. Бакиров А.Б. Приоритетные направления научных исследований в нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической промышленности. / А.Б. Бакиров, Г.Г. Гимранова. // *Медицина труда и экология*. 2016. №3. С. 5-10 (на русском языке)
9. Березин И.И. Состояние почвы на территории городов с развитой нефтеперерабатывающей промышленностью. / И.И. Березин, В.В. Сучков. // *Гигиена и санитария*. 2015. №94 (5). С. 36-39 (на русском языке)

10. Мамырбаев А.А. Комплексная экологогигиеническая оценка качества объектов окружающей среды в регионе Жанажольского месторождения добычи нефти и газа. / Мамырбаев А.А., Макенова А.М., Сатыбалдиева У.А., Сабырахметова В.М., Нургазин Ж.Т. // *West Kazakhstan Medical Journal*. 2020. №62 (3). С. 152-160 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кристофер Э. Экпенонг. Бензин қосылыстарына және/немесе қоршаған ортаға ұшыраған жұмысшылардың денсаулығына қауіп-қатерді бағалаудағы соңғы жетістіктер. Кристофер Э. Экпенонг, Э. Асуко. // *Халықаралық Еңбек медицинасы және қоршаған ортаны қорғау журналы*. 2017. №30 (1). Б. 1-26 (ағылшын тілінде)
2. Женди Ванг. Мұнай төгілуінің экологиялық сараптамасы: саусақ ізі және көзді анықтау жылы. / Женди Ванг, Скотт А. Стаут, Пол М. Фингас. // *Elsevier Science*. 2016. Б. 381-403 (ағылшын тілінде)
3. Демелханов М.Д. Мұнай төгілуінің экологиялық салдары. / М.Д. Демелханов, З.П. Оказова, И.М. Чупанова. // *Қазіргі жаратылыстану ғылымдарының жетістіктері*. 2015. №12. Б. 91-94 (орыс тілінде)
4. Цзен-Тянь Ли, Хао-Тонг Ву, Ван-И Чен, Фу-Ан Хе, Де-Хао Ли. Мұнай мен суды тиімді бөлу үшін магнитті супергидрофобты меламина губкаларын алу. // *Бөлу және тазарту технологиясы*. 2019. Т. 212. Б. 40-50 (ағылшын тілінде)
5. Корнилов А.С. Свердлов облысының индустриалды дамыған қалаларының тұрғындарының денсаулығы үшін көп орталы тәуекелді басқару. / А.С. Корнилов, Л.И. Привалова, Е.А. Кузьмина, С.В. Ярушин және т.б. // *Гигиена және санитария*. 2015. №2. Б. 123-128 (орыс тілінде)
6. Бабаев Э.Р. Топырақтағы микробиологиялық деградация процесінде Апшерон түбегіндегі мұнайдың көмірсутек құрамының өзгеру ерекшеліктері. // *Мұнай-газ аумағы*. 2018. №6. Б. 104-112 (орыс тілінде)
7. Рахманова Г.Ф. Наносорбенттің мұнаймен ластанған топырақтың биоремедиация процесіне әсері. / Г.Ф. Рахманова, Н.Л. Шаронова, И.А. Дегтярева. // *Қазан технологиялық университетінің хабаршысы*. 2016. Т. 19. №5. Б. 149-152 (орыс тілінде)
8. Бакиров А.Б. Мұнай өндіру, мұнай өңдеу, мұнай-химия өнеркәсібіндегі ғылыми зерттеулердің басым бағыттары. / А.Б. Бакиров, Г.Г. Гимранова. // *Еңбек медицинасы және экология*. 2016. №3. Б. 5-10 (орыс тілінде)
9. Березин И.И. Мұнай өңдеу өнеркәсібі дамыған қалалар аумағындағы топырақтың жай-күйі. / Березин И.И., Сучков В.В. // *Гигиена және санитария*. 2015. №94 (5). Б. 36-39 (орыс тілінде)
10. Мамырбаев А.А. Жаңажол мұнай және газ өндіру кен орны аймағында қоршаған орта нысандарының сапасын кешенді экологиялық-гигиеналық бағалау. / А.А. Мамырбаев, А.М. Макенова, У.А. Сатыбалдиева, В.М. Сабырахметова, Ж.Т. Нургазин. // *West Kazakhstan Medical Journal*. 2020. №62 (3). Б. 152-160 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Christopher E. Ekpenyong. Recent advances in occupational and /environmental health hazards of workers exposed to gasoline compounds. / Christopher E. Ekpenyong, Asuquo E. // *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 2017. №30 (1). P. 1-26 (in English)
2. Zhendi Wang. Oil Spill Environmental Forensics: Fingerprinting and Source Identification. / Zhendi Wang, Scott A. Stout, Paul M. Fingas. // *Elsevier Science*. 2016. P. 381-403 (in English)
3. Demel'khanov M.D. Ekologicheskie posledstviya razlivov nefiti. / M.D. Demel'khanov, Z.P. Okazova, I.M. Chupanova. // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2015. №12. S. 91-94 [Demelkhanov M.D. Environmental consequences of oil spills. / Demelkhanov M.D., Okazova Z.P., Chupanova I.M. // *Successes of modern natural science*. 2015. №12. P. 91-94] (in Russian)
4. Zeng-Tian Li, Hao-Tong Wu, Wan-Yi Chen, Fu-An He, De-Hao Li. Preparation of magnetic superhydrophobic melamine sponges for effective oil-water separation. // *Separation and Purification Technology*. 2019. Vol. 212. P. 40-50 (in English)
5. Kornilov A.S. Upravlenie mnogosredovym riskom dlya zdorov'ya naseleniya promyshlennno razvitykh gorodov Sverdlovskoi oblasti. / A.S. Kornilov, L.I. Privalova, E.A. Kuz'mina, S.V. Yarushin i dr. // *Gigiena i sanitariya*. 2015. №2. S. 123-128 [Kornilov A.S. Management of a multi-media risk to the health of the population of industrially developed cities of the Sverdlovsk region. / Kornilov A.S., Privalolva L.I., Kuzmina E.A., Yarushin S.V. and others. // *Hygiene and sanitation*. 2015. №2. P. 123-128] (in Russian)
6. Babaev E.R. Osobennosti preobrazovaniya uglevodorodnogo sostava neftei Apsheronского полуострова v protsesse ikh mikrobiologicheskoi degradatsii v pochve. // *Territoriya Neftegaz*. 2018. №6. S. 104-112 [Babaev E.R. Peculiarities of the transformation of the hydrocarbon composition of the oils of the

- Absheron Peninsula in the process of their microbiological degradation in the soil. // The territory of Neftegaz. 2018. №6. P. 104-112] (in Russian)*
7. *Rakhmanova G.F. Vliyanie nanosorbenta na protsessy bioremediatsii neftezagryaznennoi pochvy. / G.F. Rakhmanova, N.L. Sharonova, I.A. Degtyareva. // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2016. T. 19. №5. S. 149-152 [Rakhmanova G.F. The effect of nanosorbent on the processes of bioremediation of oil-contaminated soil. / Rakhmanova G.F., Sharonova N.L., Degtyareva I.A. // Bulletin of the Kazan Technological University. 2016. Vol. 19. №5. P. 149-152] (in Russian)*
 8. *Bakirov A.B. Prioritetnye napravleniya nauchnykh issledovaniy v nefteobryadovoy promyshlennosti. / A.B. Bakirov, G.G. Gimranova. // Meditsina truda i ekologiya. 2016. №3. S. 5-10 [Bakirov A.B. Priority directions of scientific research in the oil production, oil refining, petrochemical industry. / Bakirov A.B., Gimranova G.G. // Occupational medicine and ecology. 2016. №3. P. 5-10] (in Russian)*
 9. *Berezin I.I. Sostoyaniye pochvy na territorii gorodov s razvitoi neftepererabatyvayushchei promyshlennost'yu. / I.I. Berezin, V.V. Suchkov. // Gigiena i sanitariya. 2015. №94 (5). S. 36-39 [Berezin I.I. The state of the soil in the territory of cities with a developed oil refining industry. / Berezin I.I., Suchkov V.V. // Hygiene and sanitation. 2015. №94 (5). P. 36-39] (in Russian)*
 10. *Mamyrbayev A.A. Kompleksnaya ekologigigienicheskaya otsenka kachestva ob'ektov okruzhayushchei sredy v regione Zhanazhol'skogo mestorozhdeniya dobychi nefi i gaza. / Mamyrbayev A.A., Makenova A.M., Satybaldieva U.A., Sabyrakhmetova V.M., Nurgazin Zh.T. // West Kazakhstan Medical Journal. 2020. №62 (3). S. 152-160 [Mamyrbayev A.A. Integrated ecological and hygienic assessment of quality of environmental objects in the region of Zhanazhol oil and gas mining field. / Mamyrbayev A.A., Makenova A.M., Satybaldieva U.A., Sabyrakhmetova V.M., Nurgazin Zh.T. // West Kazakhstan Medical Journal. 2020. №62 (3). P.152-160] (in Russian)*

Сведения об авторах:

Исенгалиева Г.А., кандидат технических наук, доцент, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова (г. Актөбе, Казахстан), isengul@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8742-6378>

Гатаулина Г.А., магистр естествознания, старший преподаватель, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, (г. Актөбе, Казахстан), ggataulina@zhubanov.edu.kz; <https://orcid.org/0009-0000-2181-8272>

Алмат С.К., магистр естествознания, преподаватель АРУ им. К. Жубанова (г. Актөбе, Казахстан), Smlalmat@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-3770-1846>

Тогизбаева А.А., магистр естествознания, преподаватель АРУ им. К. Жубанова (г. Актөбе, Казахстан), togizbaevaainur6@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0006-1116-6083>

Авторлар туралы мәліметтер:

Исенгалиева Г. А., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті (Ақтөбе қ., Қазақстан)

Гатаулина Г. А., жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Ақтөбе өңірлік университетінің аға оқытушысы (Ақтөбе қ., Қазақстан)

Алмат С. К., жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің оқытушысы (Ақтөбе қ., Қазақстан)

Тогизбаева А. А., жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің оқытушысы (Ақтөбе қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Issengaliyeva G.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

Gataullina G.A., Master of Natural Sciences, Senior lecturer Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

Almat S.K., Master of Natural Sciences, teacher Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)

Togizbayeva A.A., Master of Natural Sciences, teacher Aktobe Regional University named after K. Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan)