

УДК 502.13 : 574.24

О. Г. Горовых¹, Б. А. Альжанов², К. Ф. Саевич³

¹ООО «Белспецкомплект», резидент Минского городского технопарка,
Минск, Республика Беларусь

²Карагандинский филиал ТОО «Семсер - Өрт сөндіруші», Караганда, Казахстан

³Белорусский государственный экономический университет,
Минск, Республика Беларусь

СПАСЕНИЕ ПТИЦ ПРИ АВАРИЙНОМ РОЗЛИВЕ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Аннотация: Представлено количество погибших птиц при наиболее масштабных разливах нефти и нефтепродуктов, происходивших в мире. Приведена методика очистки птиц от нефти, применяемая спасателями в настоящее время с использованием водных растворов поверхностно активных веществ. Предложена альтернативная методика очистки птицы от нефтяных загрязнений с применением мелкодисперсного порошка дигидрата сульфата кальция, которая позволяет: снизить стресс у птицы путем сокращения времени контакта дикой птицы с человеком, осуществлять очистку перьев в более короткий срок, исключить использование детергентов и необходимости подогрева воды, используемой для мытья птицы, повысить количество очищаемой птицы одной группой спасателей, возможно в отдельных случаях проводить очистку птицы дистанционно. Приведены результаты применения данной методики на живых объектах и неживых.

Ключевые слова: разливы нефти, гибель птиц, технология очистки птиц, дигидрат фосфата кальция, классификация загрязнений птицы.

«Птицы играют очень важную роль в жизни человека, выступая в качестве социально-экологического партнера и оказывая благотворное рекреационное, реабилитационное и терапевтическое воздействие, а также способствуют нравственному и эстетико-экологическому воспитанию подрастающего поколения» [1]. В то время как пишет Григорьев А. Ю. [2] «зрелище выпачканных нефтью птиц, бредущих по дороге, по которой несутся грузовики, вывозящие загрязненный грунт, останков раздавленных ими птиц надолго остается в памяти».

Десятки тысяч морских птиц и живущих у берегов животных ежегодно страдают от контакта с нефтесодержащими веществами, которые тем или иным путем поступают в водные объекты, в том числе при утечке нефти и нефтепродуктов, происходящих в результате аварии с нефтеналивными судами или при добыче с морских нефтяных платформ.

Вне зависимости от того, каким путем нефтепродукты попадают в воду, контакт с ними наносит огромный вред живой природе. У птиц слипаются перья, они не могут летать, плавать и искать себе еду и питье.

Проблема загрязнения птиц нефтью острая еще и потому, что очень велика их численность, по сравнению с другими видами животных, которые также могут оказаться в зоне загрязнения. Если в зону воздействия крупного разлива нефти, попадает не более нескольких тысяч млекопитающих, то численность пострадавших пернатых часто достигает сотен тысяч особей [2].

Примеров, характеризующих влияние разливов нефти на пернатых, значительное количество.

18 марта 1967 г. произошла авария с танкером «Торри Каньон» (*Torrey Canyon*), перевозившим нефть, что привело к гибели более 40 тыс. птиц в районе полуострова Корнуэлла, среди пострадавших животных выжило менее 20 %.

Катастрофа танкера «Амоко Кадис» (*Amoco Cadiz*), произошедшая в марте 1978 года у берегов Великобритании, когда в воду попало 223 тыс. тонн нефти, явилась причиной гибели птиц численностью в 4 500 особей (по другим источникам 22 тысячи). Авария танкера «Эксон Вальдес» (*Exxon Valdez*) привела к гибели миллиона птиц [3]. В результате разлива 170 тонн нефтепродуктов при катастрофе парома «Триколор» (*Tricolor*) в проливе Ламанш общая численность погибших птиц оценена в 40–100 тысяч особей [2].

От разлива мазута, произошедшего в ноябре 2007, в районе Керченского пролива погибли около 30 тысяч птиц и столько же испачканы мазутом, то есть со временем, они тоже погибнут, если их не очистить от загрязнений.

Часто оценка количества птиц, погибающих при утечке нефти, занижена по той причине, что загрязненные птицы не всегда попадают в поле зрения наблюдателей, поэтому кажется, что число пострадавших птиц не очень велико. Алан Бургера (*Alan E. Burger*) [4] считает, что большие различия в смертности при разливах различных объемов нефти заключается в том, что общая смертность в десять раз превышает фактическое количество погибших птиц в первые дни аварии. Численность пернатых, ставших жертвами нефтяных разливов, зависит в первую очередь не столько от их объемов, сколько от географических особенностей мест аварий, сезона года, погодных условий, близости к местам гнездовий и других факторов [2].

Нефть, попавшая в природную среду, подвергается микробиологическому распаду, в котором участвуют различные виды бактерий, но этот распад протекает так медленно, что нефть в течение нескольких недель или даже месяцев находится на поверхности воды. Все это время птицы могут подвергаться воздействию разлившейся по поверхности воды нефти.

Оперение птиц обеспечивает эффективную защиту от проникновения воды к телу. Нефть, заполняя пространство между перьями, в котором обычно заключен воздух, нарушает теплоизоляцию. При взаимодействии даже с незначительным количеством нефтепродуктов изоляционные свойства оперения нарушаются.

Из-за слипания перьев водоплавающие птицы теряют способность к полету. Загрязненная нефтью птица активно пытается очиститься клювом от нефтепродуктов, при этом птица невольно проглатывает до 50 % всей нефти, находящейся на поверхности тела. Попадая в кишечник, нефть приводит к тяжелым заболеваниям внутренних органов и нарушениям в поведении. Например, при попадании в организм утки только 2 г нефти с поверхности тела приводит к ее параличу. Если 40 % поверхности тела утки покрыто нефтью, то она обречена на гибель.

При сильном загрязнении тяжелыми нефтепродуктами птица может под налипшим толстым слоем нефти задохнуться или утратить способность двигаться. При попадании птиц в более легкие сорта нефти и нефтепродуктов усиливается химическое воздействие, вызывающее раздражение органов дыхания, слизистых и отравление.

Выделяют 4 степени загрязнения птиц нефтью, краткие характеристики которых приведены в таблице 1 по [2].

Таблица 1 – Характеристика выживаемости птиц от степени их загрязнения

Степень загрязнения	Площадь загрязнения	Воздействие	Перспективы самостоятельного очищения	Перспективы выживания
1	Полное покрытие толстым слоем	Утрата способности двигаться, удушье*	Невозможно	Отсутствует
2	Загрязнено от 10 до 99 % оперения	Частичная утрата способности двигаться, потеря изоляционных свойств перьевого покрова, переохлаждение, истощение	Невозможно	Отсутствует
3	Небольшие пятна загрязнения, покрывающие не более 10 % перьевого покрова	Потеря изоляционных свойств перьевого покрова, переохлаждение, истощение	Иногда бывает успешным	Возможны
4	Почти невидимая тонкая пленка нефти, на поверхности перьевого покрова	Отсутствие нарушений структуры перьевого покрова	Возможны	Позитивные

*Птицы I степени загрязнения оказываются неспособными ни плавать, ни поддерживать нужную температуру тела.

Показатели выживаемости птиц варьируются в зависимости от разлива нефти. Но, как показала практика, прямой зависимости между объемом разлива и количеством погибших птиц нет [2]. Например, в результате очень небольшого разлива нефти у берегов Северной Норвегии в марте 1979 г. погибли приблизительно 10–20 тысяч морских птиц.

В некоторых случаях показатель выживаемости может составлять 25–50 %; в исключительных случаях спасатели могут спасти каждую пойманную птицу. Такой положительный пример самой эффективной, крупной и успешной операция по спасению птиц, попавших в зону нефтяного загрязнения, наблюдался при аварии 14 июня 2000 года рудовоза «*Treasure*», когда в воду попало от 400 до 1000 т (по разным оценкам специалистов) флотского мазута. В операции по спасению крупнейшей в мире колоний африканских пингвинов были привлечены 130 специалистов и 45 тысяч добровольных помощников. Всего была проведена работа с более 20 тысяч пострадавших птиц, из которых около 90 % удалось отмыть, выходить и выпустить обратно в природу, при этом было использовано более 7 500 литров детергентов [2].

Основная часть

На протяжении многих лет спасательные организации пробовали различные моющие средства: ацетон, измельченный мел, растворы мыла и т.д. для удаления нефти с загрязненных диких птиц и других животных [4]. На сегодняшний день наиболее распространена следующая технология освобождения птиц от нефтяных загрязнений. Отловленных птиц сразу же заворачивают в материю, чтобы они не отравились нефтепродуктами, очищая сами свои перья. Затем птиц сортируют по степени загрязнения, далее птицу предварительно успокаивают и начинают мыть в 1 % растворе мягкого поверхностно активного вещества (ПАВ), используемого для мытья посуды. Воду в ванне при мытье одной птицы меняют от 10 до 15 раз, в зависимости от скорости загрязнения воды и размеров ванны. Вода при этом используется только теплая (так как терморегуляция птицы нарушена) и обессоленная, чтобы не уменьшалось пенообразование в жесткой воде, в противном случае концентрацию ПАВ приходится повышать, что отрицательно сказывается на последующем состоянии птицы. ПАВ также должны быть тщательно удалены с птицы. После мытья птицу просушивают, кормят, в том числе и через катетер, и помещают в вольер для наблюдений за ее состоянием. При хорошем состоянии птицы через несколько суток ее выпускают на волю. Очистка одной птицы по данным Международного исследовательского центра спасения птиц занимает до полутора часов при работе двух спасателей, при этом расходуется до 1,1 тыс. литров теплой воды [5].

Однако полная процедура очистки птицы иногда продолжается несколько месяцев, до замены перьев птицы при ее линьке, это одна из причин, почему не всех птиц удастся спасти. Кроме того, ограничивающими факторами, влияющими на количество очищенных и спасенных птиц, может быть не только нехватка персонала, но и отсутствие кормовой базы или помещений для согрева и выхаживания птиц.

Цель исследования: определить возможность применения неорганического материала дигидрата фосфата кальция (ДГСК) для очистки загрязненной при аварийных разливах нефтью/нефтепродуктами водоплавающей птицы.

Используемые материалы и методики

А) ДГСК ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) с содержанием основного продукта не менее 98 % получали с использованием промышленной флеш-сушилки из фосфогипса – отхода производства экстракционной фосфорной кислоты. Ежемесячно количество образуемых отходов фосфогипса во всем мире оценивается от 100 до 280 Мтонн [6].

ДГСК, производимый на ООО «Белспецкомплект», представляет собой порошкообразное вещество с плотностью неуплотненного порошка $\rho_{\text{неуп}}=0,65 \text{ г/см}^3$; а уплотненного $\rho_{\text{уп}}=0,9 \text{ г/см}^3$; влажностью $W=0,04-0,08 \%$; дисперсностью частиц – 50 мкм и менее составляет более 70 %; а сорбционная емкость ДГСК по нефти находится в пределах $E 0,59-0,68 \text{ Г}_{\text{сорбата}}/\text{Г}_{\text{сорбента}}$.

Б) В качестве загрязнителя пера птицы применяли нефть мозырского месторождения.

В) Живыми объектами в испытаниях были: подсадные и одомашненные утки (селезни мускусной утки (*Cairina moschata*), утка домашняя (*Anas platyrhynchos*) – водоплавающий и европейские сороки (*Pica pica*) – не водоплавающие.

Г) В качестве неживых объектов использовали крылья домашних гусей (*Anser anser*) и уток (*Anas platyrhynchos*). Крылья домашней водоплавающей птицы (неживой объект) покрывали сплошным слоем нефти из пульверизатора (рисунок 1 а), затем наносили слой порошка ДГСК (рисунок 1 б) и после выдержки в течении 10 минут удаляли порошок с помощью мягкой щетки (рисунок 1 в).



Рисунок 1 – Очищение крыла гуся домашнего
(а – покрытое нефтью крыло, б – обсыпанное порошком ДГСК, в – очищенное крыло)

Д) Методика очистки птицы, загрязненной нефтью / нефтепродуктами

1. Нанесение на загрязненную поверхность перьев птицы мелкодисперсного порошка ДГСК проводили из 200 мл шприца. Предварительно засыпанный в шприц порошок ДГСК выходил под давлением, создаваемым поршнем (возможно применение иных приспособлений для распыления) (рисунок 2).



Рисунок 2 – Очищение селезня мускусовой утки (а – нанесение ДГСК на птицу из шприца, б – птица с нанесенным слоем ДГСК, в – удаление слоя ДГСК с пера птицы)

2. Выдержка порошка на поверхности перьев около 5-10 минут, для адсорбции находящихся на перьях углеводородов (нефти).

3. Удаление мягкой щеткой с перьев птицы порошка ДГСК, впитавшего углеводородные загрязнения.

4. Проверка качества очистки перьев, с использованием белой хлопчатобумажной или бумажной салфетки.

5. Помещение птицы в вольер, кормление, обогрев, наблюдение.

Перед началом исследования емкость объемом 20 дм³ наполнили на 2/3 водой и сверху влили нефть, толщина которой на поверхности воды составляла 3–5 мм (слой нефти на поверхности был неравномерный). Мускусную утку помещали на воду и обеспечили возможность находиться в загрязненной воде в течение 30 с. Городских сорок обрызгивали из пульверизатора нефтью. Температура воздуха составляла 24 °С. Испытания проводили на открытой местности.

Слой нефти на поверхности перьев после погружения птицы в емкость с водой и поверхностным слоем нефти до проведения операции очистки был хорошо виден, несмотря на темный цвет оперения. Общая поверхность загрязненной утки составляла не менее половины, это были: ноги, перепонки ног, вся нижняя и боковая часть груди, хвост и частично крылья. При удалении порошка фосфогипса с поверхности перьев птиц щеткой, они спокойно переносили операцию: не вырывались, не издавали никаких звуков, не имели признаков нахождения в стрессовом состоянии.

Аналогичная операция очистки с использованием ДГСК была проведена с городскими сороками.

Обсуждение полученных результатов

Наблюдение за птицами в течение последующих 10 дней после очистки от нефтяных загрязнений показало, что птицы быстро (в течение часа) вернулись к нормальному поведению, самостоятельно принимали пищу, не забивались в укромное место, не стремились тщательно вычищать свои перья. По сравнению с методами очистки, применяемыми на сегодняшний день, которые включают более чем часовой контакт птицы с человеком при ее мытье и чистке (что нередко приводит к гибели птицы), выявлены следующие положительные моменты:

- общее время, затраченное на очистку птицы: нанесение порошка ДГСК и удаление отработавшего порошка (впитавшего нефтепродукт) значительно меньше (не превысило 5 минут), чем при очистке с использованием водных растворов ПАВ;
- отпадает необходимость нагревать воду и использовать различные детергенты, которые отрицательно сказываются на коже птиц и также требуют тщательного удаления;
- так как уменьшается непосредственно время контакта дикой птицы с человеком, птица получает меньший стресс;
- не стоит вопрос о последующей очистке воды, применявшейся для мытья птиц, так как часто место аварии и расположение поблизости от него пункта оказания помощи птицам может находиться на достаточном удалении от централизованного водопровода, канализации и источников энергии;
- перо птицы не утратило своей гидрофобности и не стало более интенсивно смачиваться водой, т.е. теплоизолирующие способности не были нарушены;
- перо птицы не разрушалось от контакта с очищающими приспособлениями, что нередко наблюдается при использовании воды с детергентом в качестве очищающего средства;
- остатки не удаленного оператором порошка птица сбросила сама путем интенсивного встряхивания своего телом.

Загрязненную птицу можно опылить из имеющихся на сегодняшний день разнообразных устройств для распыления порошковых материалов, например порошковый огнетушитель, при создании в нем меньшего давления или при

нормальном давлении равном 15 атм., но находясь от птицы на расстоянии не менее 7 м при использовании, например, огнетушителя марки ОП4. После этого по истечении 5-10 минут можно направить поток воздуха, из того же огнетушителя не заправленного порошком, который сдует с птицы порошок вместе с адсорбировавшейся нефтью (нефтепродуктом).

Европейские природоохранные организации, ответственные за снижения количества гибели птиц при аварийных разливах нефти/нефтепродуктов ведут работу по следующим направлениям:

1) разработка планов спасения животных, загрязненных нефтью и нефтепродуктами;

2) включение их в качестве компонентов в национальные планы ликвидации разливов нефти;

3) использование при разработке этих документов руководств и требований по признанным в мире лучшим практикам;

4) участие в разработке международных планов спасения животных, пострадавших от разливов нефти, которые будут необходимы при недостатке возможностей и средств на национальном уровне.

Хочется обратить внимание, что подобные вопросы не отражены в нормативных документах нашей страны, хотя во многих работах [7] отмечается необходимость:

- в анализе поражающих факторов чрезвычайной ситуации воздействующих на окружающую среду (птиц);

- в разработке методики обоснования комплекса мероприятий по защите окружающей среды от чрезвычайных ситуаций;

- в практической реализации и оценке эффективности применения комплекса мероприятий по защите окружающей среды, в частности пернатых от чрезвычайных ситуаций.

Выводы:

- проведенные исследования показали, что использование ДГСК значительно снижает время очистки одной птицы, что в итоге увеличит общее количество очищенных птиц имеющейся командой специалистов;

- птица быстро восстанавливается от перенесенного стресса;

- нет необходимости в подогреве воды, использования различных ванночек и мягких (наиболее дорогостоящие) детергентов;

- нет проблем с утилизацией жидких отходов;

- птицу не надо дополнительно сушить и обворачивать тряпками.

Список литературы

1. Курашкина, Н. А. Птицы в жизни человека: аспекты изучения проблемы // Концепт. – 2015. – № 06. – С. 1-9 (228-236). – Режим доступа: <http://e-kon-sept.ru/2015/15203.htm>
2. Григорьев, А. В., Книжников, А. Ю., Пастухова, К. А. Люди, нефть, птицы. Обзор мирового опыта спасения птиц при нефтяном загрязнении / А. Ю. Григорьев, А. Ю. Книжников, К. А. Пахорукова, под общ. ред. К. А. Пахоруковой. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. – 57 с.
3. Разлив нефти в Атлантике. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wwf.ru/resources/news/arkhiv/razliv-nefti-v-atlantike/> (Дата доступа: 19.07.22).
4. Alan E. Burger Estimating the mortality of seabirds following oil spills: Effects of spill volume// Marine Pollution Bulletin Volume 26, Issue 3, March 1993, Pages 140-143.
5. На берег моря в Анапе прибились водоплавающие птицы с черными маслянистыми перьями. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bloknotanapa.ru/news/zhdem-video-na-anapskiy-bereg-pribilis-vodoplavayuy> (Дата доступа: 19.07.22).
6. Environmental impact and management of phosphogypsum (англ.) // Journal of Environmental Management. – 2009-06-01. – Vol. 90, iss. 8. – P. 2377–2386.
7. Ташметов, К. К., Курманбаева, А. С., Жаулыбаев А. А. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды и экологическая оценка риска при чрезвычайных ситуациях // Вестник Кокшетауского технического института. – 2021. – № 1 (41). – С. 8-15.

References

1. Kurashkina, N. A. Pticy v zhizni cheloveka: aspekty izucheniya problemy // Koncept. – 2015. – № 06. – С. 1-9 (228-236). – Rezhim dostupa: <http://e-kon-sept.ru/2015/15203.htm>
2. Grigor'ev, A. V., Knizhnikov, A. YU., Pastuhova, K. A. Lyudi, neft', pticy. Obzor mirovogo opyta spaseniya ptic pri neftyanom zagryaznenii / A. YU. Grigor'ev, A. YU. Knizhnikov, K. A. Pahorukova, pod obshch. red. K. A. Pahorukovoj. – M.: Vsemirnyj fond dikoj prirody (WWF), 2014. – 57 s.
3. Razliv nefti v Atlantike. – [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://wwf.ru/resources/news/arkhiv/razliv-nefti-v-atlantike/> (Data dostupa: 19.07.22).
4. Alan E. Burger Estimating the mortality of seabirds following oil spills: Effects of spill volume// Marine Pollution Bulletin Volume 26, Issue 3, March 1993, Pages 140-143.
5. Na bereg morya v Anape pribilis' vodoplavayushchie pticy s chernymi maslyanistymi per'yami. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://bloknotanapa.ru/news/zhdem-video-na-anapskiy-bereg-pribilis-vodoplavayuy> (Data dostupa: 19.07.22).
6. Environmental impact and management of phosphogypsum (angl.) // Journal of Environmental Management. – 2009-06-01. – Vol. 90, iss. 8. – P. 2377–2386.
7. Tashmetov K. K., Kurmanbaeva A. S., ZHaulybaev A. A. Obosnovanie meropriyatij po zashchite okruzhayushchej sredy i ekologicheskaya ocenka riska pri chrezvychajnyh situacijah // Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo instituta. – 2021. – № 1 (41). – S. 8-15.

О. Г. Горовых¹, Б. А. Әлжанов², К. Ф. Саевич³

¹ЖОО «Белспецкомплект», Минск қалалық технопаркінің резиденті,
Минск, Беларусь Республикасы

²«Семсер-Өрт сөндіруші» ЖШС Қарағанды филиалы, Қарағанды, Қазақстан

³Беларусь мемлекеттік экономикалық университеті, Минск, Беларусь Республикасы

МҰНАЙ ЖӘНЕ МҰНАЙ ӨНІМДЕРІНІҢ АВАРИЯЛЫҚ ТӨГІЛУІ КЕЗІНДЕ ҚҰСТАРДЫ ҚҰТҚАРУ

Аңдатпа: Дүние жүзіндегі ең ірі мұнай және мұнай өнімдерінің төгілуі кезіндегі өлген құстардың саны берілген. Құстарды мұнайдан тазарту техникасы берілген, оны қазіргі уақытта құтқарушылар белсенді улануды тудыратын сулы ерітінділермен пайдаланады. Майдың ластануынан сульфат дигидратының жұқа ұнтағын қолдану арқылы тазалаудың баламалы әдісі ұсынылады, ол мыналарға мүмкіндік береді: адамдарда жабайы құстармен жұқтыру уақытын қысқарту арқылы науқастарда стрессті азайтуға, қауырсындарды қысқа мерзімге тазалауға жол бермеуге, жуғыш заттардың және құстарды жуу үшін пайдаланылатын суды жылыту қажеттілігі, құтқарушылардың бір тобымен тазартылған құстардың санын көбейту, сирек жағдайларда құстарды қашықтан тазалау. Бұл әдістерді заттарға және жансызға қолдану нәтижелері берілген.

Түйінді сөздер: мұнайдың төгілуі, құстардың өлімі, құстарды тазалау технологиясы, натрий фосфат дигидраты, құстардың ластануының жіктелуі.

O. G. Gorovykh¹, B. A. Alzhanov², K. F. Saevich³

¹LLC "Belspetskomplekt", resident of the Minsk City Technopark, Minsk, Republic of Belarus

²Karaganda branch of «Semser- Ört söndirushi», Karaganda, Kazakhstan

³Belarusian State Economic University, Minsk, Republic of Belarus

BIRDS RESCUE DURING EMERGENCY SPILLING OF OIL AND PETROLEUM PRODUCTS

Abstract: The number of dead birds in the largest oil and oil product spills that occurred in the world is presented. A technique is given for cleaning birds from oil, which is currently used by rescuers using aqueous solutions that cause active poisoning. An alternative method of cleaning from oil pollution using a fine powder of sulfate dihydrate is proposed, which allows: to reduce stress in patients by reducing the time of infection with wild birds in humans, the prevention of cleaning feathers for a shorter period, the use of detergents and the need to heat the water used to wash birds, increase the number of birds cleaned by one group of rescuers, in rare cases, clean the birds remotely. The results of the application of these techniques on objects and inanimate are presented.

Key words: oil spills, bird deaths, bird cleaning technology, sodium phosphate dihydrate, bird pollution classification.

Авторлар туралы мәлімет / Сведения об авторах / Information about the authors

Ольга Геннадьевна Горовых – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Белспецкомплект» ЖШҚ зертханасының меңгерушісі, Минск қалалық технопаркі. Беларусь Республикасы, Минск, ст. Солтыс, 187. E-mail: olgreda@tut.by

Бауржан Алпысулы Әлжанов – техника ғылымдарының кандидаты, «Семсер - Өрт сөндіруші» ЖШС Қарағанды филиалы бірінші жасағының бастығы, Қазақстан, Қарағанды. E-mail: Alzhanov73@mail.ru

Константин Федорович Саевич – биология ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь мемлекеттік экономикалық университеті материалдардың физикалық химиясы және өндіріс технологиялары кафедрасының профессоры. Беларусь Республикасы, Минск қ., Партизанский даңғылы, 26. E-mail: saevich@tut.by

Горовых Ольга Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент, начальник лаборатории ООО «Белспецкомплект» Минского городского технопарка. Республика Беларусь, г. Минск, ул. Солтыса, 187. E-mail: olgreda@tut.by

Альжанов Бауржан Алпысович – кандидат технических наук, начальник первого отряда Карагандинского филиала ТОО «Семсер - Өрт сөндіруші». Казахстан, Караганда. E-mail: Alzhanov73@mail.ru

Саевич Константин Федорович – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Физикохимии материалов и производственных технологий» Белорусского государственного экономического университета. Республика Беларусь, Минск, Партизанский проспект, 26. E-mail: saevich@tut.by

Gorovykh Olga – Ph.D Engineering, assistant professor, head of the Laboratory LLC "Belspetskomplekt" of the Minsk City Technopark. Republic of Belarus, Minsk, st. Soltysa, 187. E-mail: olgreda@tut.by.

Alzhanov Baurzhan – Ph.D Engineering, Head of the first detachment of the Karaganda branch of «Semser - Өрт сөндіруші» LLP. Karaganda, Kazakhstan. E-mail: Alzhanov73@mail.ru.

Saevich Konstantin – D. Sc. Biology, professor, professor Department of Physical chemistry of materials and production technologies of Belarusian State Economic University. Republic of Belarus, Minsk, Partizanskiy avenue, 26. E-mail: saevich@tut.by.