

Набережночелнинский институт
Казанского Федерального Университета

Электронный журнал

Социально-экономические
и технические системы:
исследование,
проектирование,
оптимизация

№3(95)2023г.



*Журнал " основан в 2003 г. и является рецензируемым сетевым научным изданием.
Учредитель – ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».*

*Издатель – Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального
университета.*

*Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-84008 от 11.10.2022.*

ISSN: 1991-6302

*Материалы журнала размещаются на сайте Научной электронной библиотеки,
включаются в национальную информационно-аналитическую систему РИНЦ
(Российский индекс научного цитирования)*

Адрес редакции: 423823, г. Набережные Челны, пр. Мира, д. 68/19

Контактный телефон: (8552) 39-71-40

Сайт журнала: <https://kpfu.ru/chelny/science/sets>

E-mail: SETS_KFU@mail.ru

Главный редактор

Ганиев М.М., доктор технических наук, профессор

Заместитель главного редактора

Симонова Л.А. – доктор технических наук, профессор

Ответственный секретарь

Макарова И.В., доктор технических наук, профессор

Технический редактор

Валиев А.М.

Редколлегия:

Валиев Р.З., доктор физико-математических наук, профессор, Уфимский государственный авиационный технический университет (г. Уфа).

Ваславская И.Ю. доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г.Набережные Челны).

Виноградов А.Ю., доктор технических наук, профессор, Тольяттинский государственный университет (г. Тольятти).

Габбасов Н.С., доктор физико-математических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

Гунаре М.Г., доктор политических наук, Балтийская международная академия (г. Рига, Латвия).

Дмитриев А.М., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Московский государственный технологический университет «Станкин», (г. Москва).

Зазнаев О.И., доктор юридических наук, профессор, член Российской академии политических наук, Американской ассоциации политической науки, Международной ассоциации политической науки, Казанский федеральный университет (г.Казань)

Ильин В.В. – доктор философских наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (г. Москва)

- Исавнин А.Г.** доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Исрафилов И.Х.** - доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Киричек П.Н.**, доктор социологических наук, профессор, Международный государственный университет природы, общества и человека "Дубна" (г. Москва)
- Комадорова И.В.**, доктор философских наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Кулаков А.Т.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Маврин Г.В.**, кандидат химических наук, доцент, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Макаров А.Н.** доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Макарова И.В.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Мустафина Д.Н.**, доктор филологических наук, доцент, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Панкратов Д.Л.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Пуряев А.С.**, доктор экономических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Рааб Г.И.**, доктор технических наук, профессор, Уфимский государственный авиационный технический университет (г. Уфа).
- Сакаева Л.Р.**, доктор филологических наук, профессор, Казанский федеральный университет (г. Казань).
- Сибгатуллин Э.С.**, доктор физико-математических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).
- Филькин Н.М.**, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова (г. Ижевск).
- Шибakov В.Г.**, доктор технических наук, профессор, Набережночелнинский институт Казанского федерального университета (г. Набережные Челны).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ	6
<i>Баринов А.С., Микульский М.А.</i> СНИЖЕНИЕ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА ГЕРОЕВ-СЕВЕРОМОРЦЕВ И УЛИЦЫ ХЛОБЫСТОВА В ГОРОДЕ МУРМАНСК ПРИ ПОМОЩИ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ	6
<i>Баринов А.С., Челтыбашиев А.А., Халятин И.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....	15
<i>Бойдадаев М.Б.</i> ТРАНСПОРТ В ОБНОВЛЕННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НАМАНГАНА	23
<i>Бойдадаев М.Б.</i> ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ АНОМАЛЬНО НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ В УЗБЕКИСТАНЕ	28
<i>Замилова А.М., Маврин Г.В., Харлямов Д.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ЭМИССИИ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	38
<i>Игнатович М.В., Макарова И.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗА СЧЁТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЕГО ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЧЕРЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО АУТСОРСИНГА	52
<i>Галиакбаров А.Т., Леонтьев Е.В.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	58
<i>Фазуллин Д.Д., Маврин Г.В., Шайхиев И.Г., Дряхлов В.О.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ	69
<i>Макарова И.В., Баринов А.С., Халятин И.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОМОЩИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТА.....	75
<i>Макарова И.В., Мавляутдинова Г.Р., Буйвол П.А., Горявина Е.Е.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ	83
<i>Максимов И.М., Сулейманов И.Ф., Маврин Г.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРИ ДВИЖЕНИИ АВТОТРАНСПОРТА.....	92
<i>Махмудов А.А.</i> КОЛЕБАНИЯ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ И МЕТОДЫ ИХ ПОГАШЕНИЯ	101

Мифтахов М.Н.

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ОТ ПЕРЕРАБОТКИ
ЦЕЛЛЮЛОЗЫ (МАКУЛАТУРЫ) ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ
ОБЪЕКТОВ ОТ НЕФТИ..... 108

Мунаввархонов З.Т., Мажидов А.

ПУТЕШЕСТВИЕ В КВАНТОВОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ..... 115

Насиров И.З., Акбаров Г.

УСОВЕЩЕНСТВОВАННЫЕ СВЕЧИ ЗАЖИГАНИЯ..... 123

Насиров И.З., Махмудов О.Э.

ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ГОРОДА..... 129

Павлов М.В., Макарова И.В.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ВЫПУСКА БРАКОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ
ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ
(SPC) 135

Абрамова О.Ф., Перов Д.А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАБОТЫ С ДАННЫМИ
..... 143

Саримсаков А.М.

УПРАВЛЕНИЕ ЕДИНЫМ ОПЕРАТОРОМ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК (МААС)..... 154

Смирнова Н.Н., Шарафутдинов Р.Н., Инюшева А.А., Маврин Г.В.

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ СМАЗОЧНО- ОХЛАЖДАЮЩЕЙ
ЖИДКОСТЬЮ 161

Фазуллин Д.Д., Фазуллин Л.И., Маврин Г.В.

НАНОФИЛЬТРАЦИЯ ВОЗДУХА ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛЛЮТАНТОВ
КОМПОЗИЦИОННЫМИ МЕМБРАНАМИ 168

Харлямов Д.А., Маврин Г.В., Сулейманов И.Ф.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИСТОВОГО ОПАДА ГОРОДСКИХ АНТРОПОГЕННЫХ
ЛАНДШАФТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ..... 177

Челтыбашев А.А., Баринов А.С., Нерубащенко Н.Ю.

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МУРМАНСКА 185

ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ..... 194

Ахметов А.Р., Петрова С.В., Тимеркаева Н.И.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЛОГОВОГО РЕЖИМА «НАЛОГ НА
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ДОХОД» НА ОСНОВАНИИ СРАВНЕНИЯ СИСТЕМ
НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ЕНВД И УСН 194

УДК 691

Замилова А.М., магистрант 2-го года обучения, Набережночелнинский институт, ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Маврин Г.В., кандидат химических наук, доцент, Набережночелнинский институт, ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Харлямов Д.А., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

ОСОБЕННОСТИ ЭМИССИИ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Аннотация: В этой статье рассматриваются особенности эмиссии подвижных форм элементов солевых отложений, строительных растворов и СР, содержащих СО. Изучены трансферы в водную среду как всех подвижных форм солевых отложений и ингредиентов основного материала, так и ряда тяжелых металлов. Показано, что добавление СО к СР не вызывает увеличения эмиссии подвижных форм основных компонентов композиционных смесей.

Ключевые слова: солевые отложения, минерализация, атомно-эмиссионная спектроскопия, загрязнение окружающей среды, отходы.

В настоящий момент мир сталкивается с серьезными экологическими проблемами, связанными с образованием отходов и неадекватным сбором, транспортировкой, обработкой и уничтожением отходов [1]. Современные системы в большинстве стран мира не могут справиться с объемами отходов, образующимися в результате антропогенной деятельности, и это сказывается на окружающей среде и общественном здоровье. Переработка и утилизация отходов позволяет экономить и сохранять природные ресурсы, материалы и энергию. Отходы имеют чрезвычайное разнообразие по свойствам и потенциалу для изготовления продукции с полезными свойствами. Примером такого отхода являются отслужившие трубы горячего водоснабжения с накопившимися солевыми отложениями (СО) на внутренней поверхности в результате длительной эксплуатации труб. Переплавка железных труб без удаления СО приводит к низкокачественному продукту. Отложения накипи существенно снижают пропускную способность трубы, теплопередающую способность теплообменников и, как

следствие, увеличивает энергозатраты системы в целом. Такие трубы следует своевременно выводить из эксплуатации по причине возрастающей техногенной и экологической опасности.

Объектом исследования являются солевые отложения труб горячего водоснабжения и цементные строительные материалы. Предметом исследования служат показатели минерализации, характеризующие динамику растворения подвижной формы в дистиллированную и водопроводную воду, а также эмиссия загрязняющих водные объекты элементов в подвижной форме.

Цель работы заключается в природоохранном обосновании возможности применения солевых отложений труб горячего водоснабжения в производстве цементных строительных материалов посредством изучения минерализации и атомно-эмиссионного анализа исследования эмиссии тяжелых металлов в водную фазу из солевых отложений и строительных растворов, изготовленных с добавлением солевых отложений.

За эмиссией электролитов наблюдали кондуктометрическим методом, измеряя удельную электропроводность декантата и рассчитывая относительную минерализацию водной фазы после каждого встряхивания (ступенчатая минерализация, Md). Md отражает ту концентрацию электролитов, что образовалась в результате эмиссии веществ из твердой в жидкую фазу при данном из пяти встряхиваний.

Извлечение солей можно характеризовать величиной ступенчатой деминерализации (Dm), которая означает количество удаляемых солей в миллиграммах, отнесенное к 1 и 5 г образцов солевых отложений (СО), строительных растворов (СР), и строительных растворов с добавлением солевых отложений (СРСО) и рассчитывается из минерализации декантата по формуле:

$$Dm(\text{мг/г}) = \frac{Md \cdot V}{m}, \quad (1)$$

где $V = 0,1 \text{ дм}^3$ - объем воды для суспензии в литрах, m - масса образцов в граммах.

Dm отражает содержание подвижных форм электролитов в твердых материалах, часть из которых представляют собою загрязняющие вещества.

Расчет деминерализации по нарастающей (Dm^\wedge), проводили сложением величины деминерализации по соответствующим стадиям по формуле:

$$Dm^\wedge(\text{встр}) = Dm^1 + Dm^{(2-5)}, \quad (2)$$

где индексы «1, 2-5» отвечают стадиям встряхивания.

Результаты ступенчатой минерализации декантата СО, СР и СРСО в дистиллированной и водопроводной водах приведены в таблице 1.

Таблица 1

Ступенчатая минерализация суспензий СО, СР и СРСО при пятикратном встряхивании (массой 1 г и 5 г в 100 мл дистиллированной и водопроводной воды)

Суспензия ^{а)}	Минерализация декантата, Md (мг/л)				
	1 встр.	2 встр.	3 встр.	4 встр.	5 встр.
СОд, 1 г	35,2	16,7	16,4	11,8	10,3
СОд, 5 г	113,2	55,1	26,9	19,4	16,4
СОВ, 1 г	15,9	5,9	5,6	4,1	1,9
СОВ, 5 г	61,4	11,2	6,5	6,5	3,2
СРд, 1 г	437	280,5	148,6	103,4	65,6
СРд, 5 г	860	756	546	484	388
СРв, 1 г	52,7	-	-	-	-
СРв, 5 г	534	146	94	54	38
СРСОд, 1 г	338	198,8	195,3	146,6	125,6
СРСОд, 5 г	621	452	450	379	374
СРСОВ, 1 г	47,7	-	-	-	-
СРСОВ, 5 г	263	119	55	32	4

Примечание: а) – СОд - суспензия солевых отложений в дистиллированной воде; СОВ - суспензия солевых отложений в холодной водопроводной воде; СРд – строительный цементный раствор без добавления отхода в дистиллированной воде; СРСОд - строительный цементный раствор с добавлением солевых отложений в дистиллированной воде; СРв – строительный цементный раствор без добавления отхода в холодной водопроводной воде; СРСОВ - строительный цементный раствор с добавлением солевых отложений в холодной водопроводной воде.

По результатам анализа декантатов 1-ого встряхивания имеем следующие ряды исследуемых материалов в порядке увеличения минерализации декантатов (Md):

1) для суспензии 1 г в 100 мл: $CO_{\text{в}} < CO_{\text{д}} < CP_{\text{CO}_{\text{в}}} < CP_{\text{в}} < CP_{\text{CO}_{\text{д}}} < CP_{\text{д}}$

2) для суспензии 5 г в 100 мл: $CO_{\text{в}} < CO_{\text{д}} < CP_{\text{CO}_{\text{в}}} < CP_{\text{в}} < CP_{\text{CO}_{\text{д}}} < CP_{\text{д}}$

В целом, трансфер электролитов в водную среду наименьший для солевых отложений и наибольший для цементных строительных растворов без добавления солевых отложений. Таким образом, можно сделать однозначный вывод, что по совокупной минерализации водных объектов солевые отложения труб горячего водоснабжения делают цементные строительные материалы менее проблемными, чем материалы без добавления отходов. Конечно, остается вопрос с конкретными тяжелыми металлами, что требует дополнительных исследований.

Динамика минерализации водных вытяжек CO , CP и CP_{CO} для дистиллированной и водопроводной воды для суспензий с разным содержанием дисперсной фазы приведена на рисунке 1. Во всех случаях трансфер CO не заканчивается при 1-ом встряхивании и происходит при последующих встряхиваниях с определенным «затуханием».

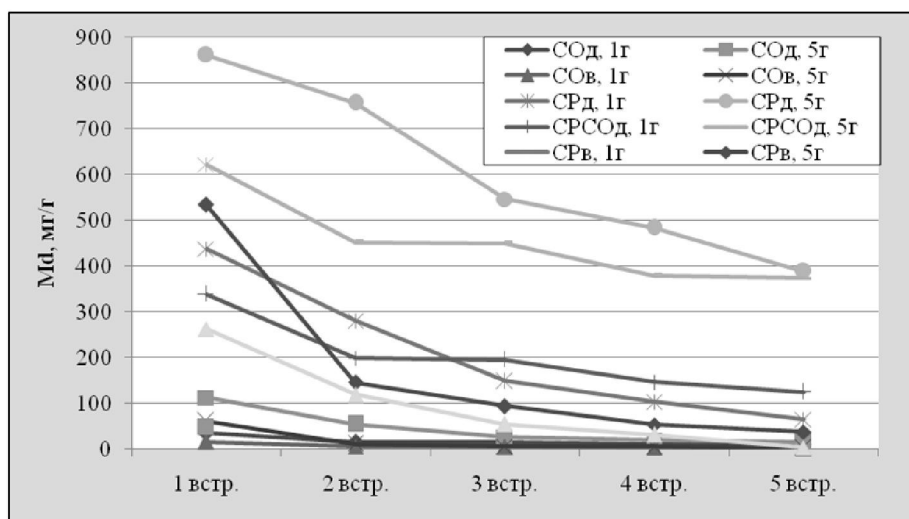


Рис. 1 Изменение ступенчатой минерализации декантата CO , CP и CP_{CO} (Md , mg/l) при пятикратном встряхивании суспензий массой 1 г и 5 г в 100 мл дистиллированной и водопроводной воды)

В дистиллированной воде при первом встряхивании вымывается для $CO_{д,5г}$ – 49% солей от суммы за пять встряхиваний, для $CP_{д,5г}$ – 28% и для $CP_{CO_{д,5г}}$ – 27%. В водопроводной воде на первую стадию приходится больше половины трансфера от пяти стадий встряхивания: $CO_{д,5г}$ – 69%, $CP_{CO_{в,5г}}$ – 56% и $CP_{в,5г}$ – 62%. Таким образом, трансфер солевых веществ в водопроводную (то есть относительно минерализованную) воду происходит в меньшей степени, чем в дистиллированную воду, и завершается при меньших количествах стадий встряхивания. Это важно учитывать как при «обезвреживании» солевых отложений посредством обработки водой, так и при рассмотрении вопроса загрязнения водных объектов при переработке и/или использовании солевых отложений при изготовлении продукции с полезными свойствами.

Значения Dm , рассчитанные по данным таблицы 1, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Ступенчатая деминаерализации Dm CO , CP и CP_{CO} при каждом из пяти встряхиваний суспензий (массой 1 г и 5 г в 100 мл дистиллированной и водопроводной воды)

Суспензии	Ступенчатая деминаерализация образцов (Dm), мг/г				
	1 встр.	2 встр.	3 встр.	4 встр.	5 встр.
$CO_{д, 1 г}$	3,5	1,7	1,6	1,2	1,0
$CO_{д, 5 г}$	2,3	1,1	0,5	0,4	0,3
$CO_{в, 1г}$	1,6	0,6	0,6	0,4	0,2
$CO_{в, 5г}$	6,1	1,1	0,7	0,7	0,3
$CP_{д, 1г}$	43,7	28,1	14,9	10,34	6,6
$CP_{д, 5г}$	17,2	15,1	10,9	9,7	7,8
$CP_{CO_{д, 1г}}$	33,8	19,9	19,5	14,7	12,6
$CP_{CO_{д, 5г}}$	12,4	9,04	9	7,6	7,5
$CP_{в, 1 г}$	5,3	-	-	-	-
$CP_{в, 5 г}$	10,7	2,9	1,9	1,1	0,8
$CP_{CO_{в, 1 г}}$	4,8	-	-	-	-
$CP_{CO_{в, 5 г}}$	5,3	2,4	1,1	0,6	0,1

Величина Dm технологически важна для расчета параметров технологических процессов переработки солевых отложений труб ГВС.

Деминерализация (Dm) образцов СО, СР и СРСО не суммируется, а относится к каждой стадии встряхивания по отдельности. В целом величина ступенчатой деминерализации образцов уменьшается в ряду СР (1 г) > СРСО (1 г) > СР (5 г) > СРСО (5 г) > СРв (5 г) > СОВ (5 г) > СРв (1 г) и СРСОв (5 г) > СРСОв (1 г) > СОд (1 г) > СОд (5 г) > СОВ (1 г).

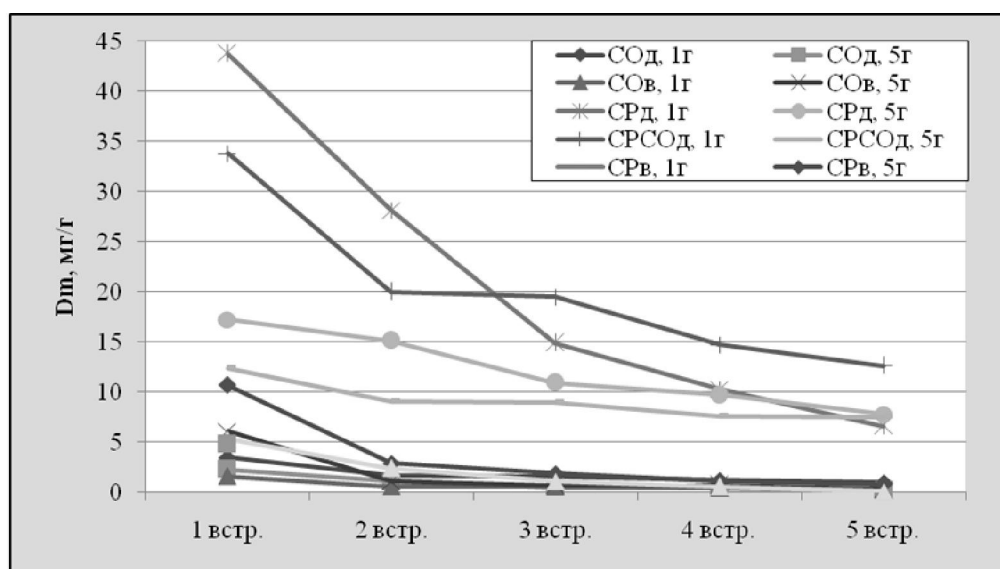


Рис. 2. Удельная деминерализация СО, СР и СРСО (Dm , мг/г) при пятикратном встряхивании суспензий массой 1 и 5 г в 100 мл дистиллированной и водопроводной ВОДЫ

При пятикратном встряхивании образцов СО происходит резкое снижение деминерализации на 1 стадии, в последующих встряхиваниях СО 1 и 5 граммов практически не изменяется. На стадиях 1-3 контрольного образца СР в 1 грамм резко снижается деминерализация. У образца СРСО это происходит при первом встряхивании. Образцы СР и СРСО по 5 грамм при пятикратном встряхивании изменяют деминерализацию плавно.

В качестве факта можно отметить, что в дистиллированной воде удельная деминерализация более интенсивно происходит при встряхивании суспензии с меньшим содержанием твердой фазы (более разбавленная суспензия, когда на единицу количества дисперсной фазы приходится больше дисперсионной среды), а в водопроводной воде наоборот – удельный трансфер преобладает для более

концентрированной суспензии, когда на единицу количества твердой фазы приходится меньше воды. Это важно при выборе композиционных составов технологических смесей материалов при обработке солевых отложений труб ГВС водами различных составов.

Результаты расчета по данным таблицы 2 ступенчатой минерализации (Dm^\wedge) декантата СО, СР и СРСО приведены в таблице 3.

Величина Dm^\wedge возрастает по мере увеличения количества стадий встряхивания для всех исследуемых образцов, что исключает преобладание осаждения солей над растворением. Величина Dm^\wedge (5встр) означает содержание того подвижного количества солей в 1 г солевых отложений, а также СР и СРСО, которое переходит в водную фазу в результате обработки порошков твердых материалов пятью тридцатиминутными встряхиваниями с заменой воды после каждого встряхивания.

Таблица 3

Нарастающая деминерализация (Dm^\wedge) СО, СР и СРСО при пятикратном встряхивании суспензий (массой 1 и 5 г в 100 мл дистиллированной и водопроводной воды)

Суспензии	Ступенчатая деминерализация образцов (Dm^\wedge), мг/г				
	1 встр.	2 встр.	3 встр.	4 встр.	5 встр.
СОд, 1г	3,5	5,2	6,8	8,0	9,0
СОд, 5г	2,3	3,7	3,9	4,3	4,6
СОВ, 1г	1,6	2,2	2,8	3,2	3,4
СОВ, 5г	6,1	7,2	7,9	8,6	8,9
СР, 1г	43,7	71,8	86,6	96,9	103,5
СР, 5г	17,2	32,3	43,2	52,9	60,7
СРСО, 1г	33,8	53,7	73,2	87,9	100,4
СРСО, 5г	12,4	21,5	30,5	38,04	45,5
СРВ, 1 г	5,3	-	-	-	-
СРВ, 5 г	10,7	13,6	15,5	16,6	17,4
СРСОВ, 1 г	4,8	-	-	-	-
СРСОВ, 5 г	5,3	7,7	8,8	9,4	9,5

Из таблицы 3 следует, что СОд в 1 г содержит 9 мг подвижных солей, (т.е. более 0,9%), СОВ - более 0,3%, образцы строительных материалов в дистиллированной воде СР - более 10,4 %, СРСО - более 10,1%, а водопроводной воде массой 5 г СРв и СРСОв содержат более 1,7% и 1%, соответственно.

Графически нарастающая деминерализация в процессе эмиссии солей из СО, СР и СРСО изменяется согласно рис. 3. При этом скорость деминерализации снижается по мере уменьшения содержания солей в образцах.

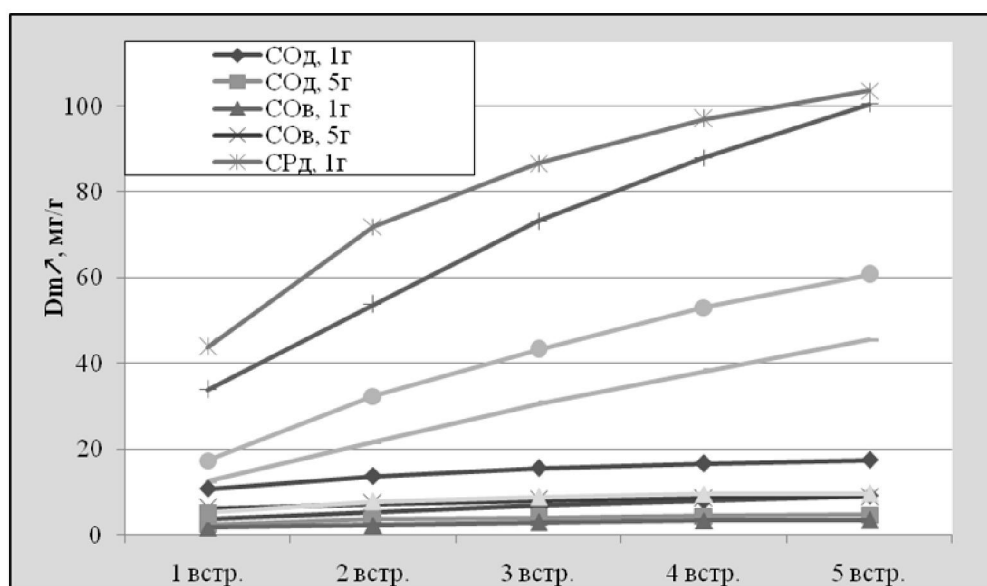


Рис. 3. Нарастающая деминерализация СО, СР и СРСО (Dm^3 , мг/г) при пятикратном встряхивании суспензий массой 1 и 5 г в 100 мл дистиллированной и водопроводной воды)

Таким образом, эмиссия подвижных форм электролитов интенсивнее происходит в суспензиях строительных растворов с и без солевых отложений. Для более полного вымывания солей потребовалось пятикратное встряхивание суспензий.

Увеличение минерализации водопроводных вод в результате встряхивания суспензий СО не значительно и отвечает ультрапресному содержанию солевых веществ, то малому загрязнению.

Легко предположить, что часть эмиссии электролитов из СР и СРСО в водную фазу обусловлена трансфером соединений тяжелых металлов, относящихся к загрязняющим веществам. Учет такого трансфера может дать более правильную информацию о потенциальной опасности материала СР и СРСО для оценки воздействия на водные объекты.

Средой для изучения эмиссии тяжелых металлов из твердых растворов с и без солевых отложений в настоящей работе берется вода в виде дистиллированной воды и ацетатно-аммонийного буферного раствора, на основе которых делаются водные и ацетатно-аммонийные вытяжки.

Были приготовлены два образца строительных растворов: строительный раствор «СР» (цемент ПЦ 400, песок, вода), взятый как контрольный образец и образец строительного раствора с добавлением солевых отложений «СРСО» (цемент ПЦ 400, песок, солевые отложения, вода).

Из этих образцов взяли две водные вытяжки (ВВ) и две ацетатно-аммонийные (АА) вытяжки для изучения эмиссии ТМ в водную фазу.

При измерении водородного показателя и минерализации ВВ СР и СРСО установлено, что СО не ухудшает кислотно-основные свойства строительного раствора с природоохранной точки зрения, а минерализация не превышает нормативов по воде ввозных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового значения. Миграция электролитов в совокупности в водную среду из СРСО происходит в меньшей степени, чем из СР.

Для оценки объемов эмиссии ТМ из СР и СРСО проводили количественные определения ТМ в ВВ и АА вытяжках методом атомно-эмиссионной спектроскопии. Средством измерения является оптический эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Agilent 720. При анализе вытяжек определялось содержание в вытяжках 25 элементов, часть из которых наиболее распространены в почвах и стройматериалах, а другие отличаются высокой токсичностью.

Сводные результаты количественного анализа вытяжек приведены в таблице 4. В каждой вытяжке определялись 25 элементов, из которых 6-9

элементов в ВВ вытяжках и 115-17 элементов в АА вытяжках превышают нижний предел обнаружения (НПО). Выявлено превышение предельно допустимых концентраций ТМ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ($N^{(>1)}_{КПВ}$) [2] и предельно допустимых концентраций ТМ в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения ($N^{(>1)}_{КРХ}$) [3].

Таблица 4

Сравнение сумм показателей водной и ацетатно-аммонийной вытяжки СО, СР и СРСО по содержанию и коэффициентам концентраций тяжелых металлов

Показатель	ВВ (СО)	ВВ (СР)	ВВ (СРСО)	АА (СО)	АА (СР)	АА (СРСО)
N^C_{Σ}	25	25	25	25	25	25
$\Sigma^nC, \text{ мг/л}$	107,3	144,2	151,8	4577,5	5266,1	5119,9
$\Sigma^6C, \text{ мг/л}$	107	144,0	151,8	4554,6	5258,8	5109,3
$N^{\Sigma}_{\Sigma(\text{НПО})}$	9	6	7	15	16	17
$\Sigma(\mathcal{K}_{ПВ})$	34,6	40,5	42,4	5251,2	2210	2031
$\Sigma^6(\mathcal{K}_{ПВ})$	34,5	40,5	42,4	5332,7	2203	2024
$N^{\Sigma}_{\mathcal{K}_{ПВ}(\text{НПО})}$	9	6	7	15	15	16
$N^{(>1)}_{\mathcal{K}_{ПВ}}$	4	4	3	12	12	10
$\Sigma(\mathcal{K}_{РХ})$	83,4	14,6	14,6	30526,1	4995	4974
$\Sigma^6(\mathcal{K}_{РХ})$	83,2	14,6	14,6	30433,9	4898	4904
$N^{\Sigma}_{\mathcal{K}_{РХ}(\text{НПО})}$	8	6	7	14	15	16
$N^{(>1)}_{\mathcal{K}_{РХ}}$	5	2	4	14	15	16

Трансфер тяжелых металлов из солевых отложений в водную фазу количественно резко возрастает (суммарно почти в 10 раз), если вместо дистиллированной воды для встряхивания суспензий взять аммонийно-ацетатный (АА) буферный раствор. Сумма концентраций металлов в водных вытяжках СР в 6 раз, а СРСО в 4 раза меньше общей концентрации электролитов. Сумма концентрации ТМ в АА вытяжках СР и СРСО больше суммы концентраций в водной вытяжке в 37 и 34 раза, соответственно. Более

99 % загрязнений питьевой воды и воды рыбохозяйственного назначения ТМ СО, СР и СРСО приходится на 6 приоритетных элементов ТМ. При сравнении сумм концентраций шести приоритетных элементов тяжелых металлов ВВ и АА вытяжек солевых отложений по питьевой воде и воде рыбохозяйственного назначения выявляются значительные различия в 29 и 37,6 раз, соответственно. Различия между СР и СРСО по сумме концентраций шести приоритетных элементов ТМ ВВ и АА вытяжек как по питьевой воде, так и по воде рыбохозяйственного назначения малозначительны.

Ряды приоритетности ТМ в вытяжках СР, СР и СРСО с указанием вклада шести приоритетных элементов, которые выделены жирным шрифтом, представлены в таблице 5.

Таблица 5

Приоритетность тяжелых металлов в вытяжках СО, СР и СРСО с указанием вклада в % шести приоритетных металлов в соответствующий суммарный показатель обнаруженных ТМ в пробах водных и ацетатно-аммонийных вытяжках

Твердая фаза	Дисперсионная среда	Показатель	Приоритетность
СО	водная	С	Ca (84,25%), Mg (12,6%), Fe (1,5%), Si (1,04%), Al (0,2%), Mn (0,17%)
СР	водная	С	Ca (86,02%) Si (13,04%) Mg (0,39%) Al (0,29%) Sr (0,22%) Cr (0,04%)
СРСО	водная	С	Ca (87,07%) Si (12,05%) Mg (0,42%) Al (0,26%) Sr (0,16%) Cr (0,02%) Sb (0,01%)
СО	водная	Кпв	Ca (74,5%), Fe (15,6%), Mn (5,2%), Al (3,18%), Mg (0,78%), Si (0,29%), Zn, Cu, Sr
СР	водная	Кпв	Ca (87,40%) Al (5,14%) Si (4,64%) Cr (2,68%) Sr (0,11%) Mg (0,03%)
СРСО	водная	Кпв	Ca (89,14%) Al (4,71%) Si (4,32%) Cr (1,26%) Sb (0,45%) Sr (0,08%) Mg (0,03%)
СО	водная	Крх	Fe (38,94%), Cu (24%), Mn (21,63%), Zn (7,21%),

Твердая фаза	Дисперсионная среда	Показатель	Приоритетность
			Al(6,6%), Ca(0,6%), Sr, Mg, B
CP	водная	Крх	Al(71,21%) Cr(18,54%) Sr(5,45%) Ca(4,71%) Mg(0,10%)
CPCO	водная	Крх	Al(63,09%) Sb(12,14%) Si(11,57%) Cr(8,44%) Ca(4,65%) Mg(0,10%)
CO	AA	C	Ca(65%), Fe(24,12%), Mg(6,47%), Si(2,15%), Mn(1,08%), Al(0,67%)
CP	AA	C	Ca(91,4%) Si(3,17%) Mg(1,97%) Fe(1,78%) Al(1,39%) Zn(0,13%) Mn Sr Ba Ti Cr Cu Ni Pb Sb V
CPCO	AA	C	Ca(93,0%) Mg(2,25%) Fe(1,86%) Si(1,50%) Al(1,06%) Mn(0,119%) Zn Sb Sr Ba Ni Cu Cr Ti V Co Se
CO	AA	Кпв	Fe(69,68%), Ca(16,09%), Mn(9,39%), Al(2,89%), Ni(1,05%), Cr(0,3%), Si, Zn, Mg, B, Cu, Ba
CP	AA	Кпв	Ca(61,78%) Al(16,44%) Fe(14,01%) Pb(4,58%) Mn(1,38%) Si(0,75%) Zn Ti Cr Mg Ni Ba Sb Sr V Cu
CPCO	AA	Кпв	Ca(66,75%) Fe(15,56%) Al(13,32%) Mn(3,00%) Si(0,38%) Ni(0,28%) Zn Cr Mg Ba Se Ti Sb Cu Sr V Co
CO	AA	Крх	Fe(72,33%), Mn(16,25%), Cu(4,58%), Al(2,5%), Zn(2,2%), Ni(1,83%), Cr, Ca, Sr, Mg, Se, Sb, Ba
CP	AA	Крх	Fe(37,48%) Al(36,64%) Zn(13,93%) Mn(6,17%) Cu(3,26%) V(0,58%) Ca Pb Ni Cr Sb Ti Sr Mg Ba
CPCO	AA	Крх	Fe(38,28%) Al(27,29%) Mn(12,30%) Cu(9,93%) Zn(9,63%) Ni(1,16%) Ca V Cr Sr Se Mg Sb Ti Ba Co

Сведения о приоритетности ТМ свидетельствуют о том, что металлы Al, Fe, Mn более опасны с точки зрения воздействия на окружающую среду. Поскольку Ca не относится к токсичным элементам, воздействие на воду не является критичным. Солевые отложения в составе цементных строительных материалов не вносят изменений принципиального плана в ряды приоритетности ТМ по показателям кратности ПДК как по хозяйственно-

питьевой, так и по рыбохозяйственной воде. Следовательно, применение строительных добавок в виде солевых отложений не требует дополнительных природоохранных мероприятий.

Также в ранее проведенных исследованиях была изучена возможность использования солевых отложений в виде добавки к строительным растворам взамен части песка [4]. Прочность БРСО по сравнению с БР увеличивается в 1,4 Мпа. При добавлении солевых отложений взамен части песка в бетонный раствор в количестве 13,04 % от общей массы раствора прочность бетона возрастает на 38 %.

Таким образом, продемонстрирована динамика трансфера элементов в подвижной форме из солевых отложений, строительного раствора и строительного раствора с добавлением солевых отложений в водную фазу посредством ступенчатых встряхиваний водных суспензий, что в естественных условиях моделирует загрязнение водных и почвенных объектов при хранении данных отходов на открытых площадках и полигонах.

На основе проведенных измерений объемов эмиссии в водную вытяжку и аммонийно-ацетатный буферный раствор можно сделать заключение о принципиальной возможности использования минеральных отложений для производства полезной продукции, такой как цемент и бетон. Это позволит уменьшить трансфер загрязняющих веществ и, одновременно с этим, улучшить качественные показатели строительных материалов

Список использованных источников

1. Сердюкова А. Ф., Барабанщиков Д. А. Загрязнение окружающей среды отходами производств // Молодой ученый. — 2018. — №25. — С. 28-31.
2. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.dioxin.ru/doc/gn2.1.5.1315-03.htm> (дата обращения: 4.06.2020).

3. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http:// sztufar.ru/files/documents/10113.pdf](http://sztufar.ru/files/documents/10113.pdf) (дата обращения: 4.06.2020)
4. Замилова А.М., Маврин Г.В. – Изучение деминерализации солевых отложений труб горячего водоснабжения и строительных материалов/ «XIV Камские чтения: всероссийская научно-практическая конференция. (2022; Набережные челны). Всерос.научн.-практ. Конф. «XIV камские чтения», 18 ноября 2022 г. [Текст]: сб-к док./под ред. Д-ра техн.наук Л.А.Симоновой. – Набережные Челны: Издательско-полиграфический центр Набережночелнинского института КФУ, 2022. – С.373-378.
-

Zamilova F.M., 2nd year Master's student, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Mavrin G.V., candidate of chemistry Sciences, assistant professor, head of the department, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

Kharlyamov D.A., candidate of technical Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University

APPLICATION OF SALT DEPOSITS OF DHW PIPES IN THE MANUFACTURE OF CEMENT BUILDING MATERIALS

Abstract: In this article, the peculiarities of the emission of mobile forms of elements of saline sediments, construction mortars, and CM containing CO are considered. Transfers of all mobile forms of salt deposits and ingredients of the basic material, as well as a number of heavy metals into the aqueous medium have been studied. It is shown that the addition of CO to the SR does not cause an increase in the emission of the mobile forms of the main components of the composite mixtures.

Keywords: salt deposits, mineralization, atomic emission spectroscopy, environmental pollution, waste

УДК502.36

*Харлямов Д.А., кандидат технических наук, Набережночелнинский институт
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
email:kharlyamov@gmail.com*

*Маврин Г.В., кандидат химических наук, доцент, Набережночелнинский
институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный
университет», email:mavrin-g@rambler.ru*

*Судейманов И.Ф., кандидат технических наук, Набережночелнинский
институт ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный
университет», email:real7best@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИСТОВОГО ОПАДА ГОРОДСКИХ АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Аннотация: В рамках представленной работы исследована возможность применения листового опада городских антропогенных ландшафтов для сорбционной очистки водных сред от нефтепродуктов. В качестве потенциальных сорбционных материалов выбраны листовые опады осины (лат. Populustremula), клена (лат. Acer), берёзы (лат. Bétula) и яблони (лат. Mālus). Определены физико-химические свойства исследуемых образцов. Для оценки безопасности применения в качестве сорбционного материала проведено атомно-эмиссионное определение содержания подвижных элементов в образцах листвы. Установлено, что содержание ионов тяжелых металлов в ацетатно-аммонийных вытяжках не превышает установленных нормативных требований, соответственно, рассматриваемые материалы могут быть использованы в качестве сорбционных материалов. В статических и динамических условиях проведены эксперименты по очистке модельных растворов, содержащих нефтепродукты. Установлено, что все рассматриваемые образцы в той или иной мере обладают сорбционными свойствами по отношению к нефтепродуктам: минимальная адсорбционная емкость у листьев клена - 0,21 мг/г при статических и 0,08 мг/г при динамических условиях, максимальная адсорбционная емкость у листьев берёзы - 0,48 и 0,17 мг/г соответственно.

Ключевые слова: листовой опад, адсорбция, сорбционный материал, нефтепродукты, очистка воды

Ежегодно в осенний и весенний периоды на городских территориях коммунальными службами производится сбор опавшей листвы. Десятки тонн биоматериала изымаются из окружающей среды, перерабатываются или подвергаются захоронению на специальных полигонах. Принято считать что,

деревья, произрастающие в крупных населенных пунктах, являются потенциальными накопителями загрязняющих веществ (в т.ч. и ионов тяжелых металлов (ИТМ)) и дальнейшее использование отходов и компонентов древесных растений может нанести определенный вред окружающей среде [1]. Также широко изучаются возможности применения компонентов и отходов древесных растений в качестве сорбционного материала (СМ) для извлечения различных загрязняющих веществ из водных сред [2-3].

В рамках представленной работы проведены исследования по возможности применения листового опада в качестве СМ для очистки водных сред от нефтепродуктов (НП). В качестве объектов исследования были выбраны листовые опады осины (лат.*Populustremula*), клена (лат.*Acer*), берёзы (лат.*Bétula*) и яблони (лат.*Mālus*). Отбор образцов опавшей листвы был проведен в осенний период в 16 различных контрольных точках.

На первоначальном этапе исследования изучали физико-химические характеристики образцов листвы. Высушенную при комнатной температуре листву, измельчали в шаровой лабораторной мельнице до порошкообразного состояния, после чего в соответствии со стандартными методиками определяли влажность, зольность и насыпную плотность образцов [4]. Физико-химические свойства образцов листового опада представлены в таблице 1.

Согласно полученным результатам, насыпная плотность образцов опавшей листвы варьируется от 0,17 до 0,21 г/см³. В отличие от самой древесины листва обладает достаточно высоким содержанием золы (1,12 - 1,23 %), обусловленным повышенным содержанием лигнина. Также, по результатам анализа литературных данных [5], в вышеуказанной таблице приведены количественные данные по содержанию химических соединений, входящих в состав листвы – целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина и дубильных веществ.

Физико-химические свойства образцов листового опада

Показатель	Значение показателя			
	Осина	Клен	Береза	Яблоня
Влажность, %	10,2	11,6	9,4	10,8
Насыпная плотность, г/см ³	0,19	0,21	0,19	0,17
Зольность, %	1,17	1,23	1,18	1,12
Содержание целлюлозы, %	30 - 40			
Содержание гемицеллюлозы, %	15 - 40			
Содержание лигнина, %	15 - 30			
Содержание танина, %	0,8 - 1,54			

С целью оценки металлоаккумулирующей способности листьев деревьев проведено атомно-эмиссионное определение содержания 25 элементов в ацетатно-аммонийных вытяжках образцов опавшей листвы. Для оценки фонового содержания элементов были отобраны образцы листвы вдали от антропогенных источников воздействия. Определение элементов проводили на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой марки «Agilent 720 ICP-OES» [6].

Оценка уровня химического загрязнения образцов опавшей листвы проводилась по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и гигиенических исследованиях окружающей среды крупных населенных пунктов [7]. Такими показателями являются коэффициент концентрации химического элемента (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c). K_c определяли как отношение реального содержания элемента в исследуемом образце (C) к предельно допустимой концентрации элемента (ПДК):

$$K_c = \frac{C}{ПДК}, \quad (1)$$

Результаты расчетов K_c наиболее приоритетных элементов за вычетом фоновых концентраций приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Коэффициенты концентраций химических элементов в образцах листового опада осины и клена

Элемент	Значение коэффициента концентрации химического элемента (K_c)							
	Осина				Клен			
	г. № 1	г. № 2	г. № 3	г. № 4	г. №5	г. №6	г. №7	г. №8
Cu	0,10	0,12	0,23	0,32	1,95	0,42	0,68	1,15
Fe	0,26	0,34	0,31	0,58	0,43	0,56	0,38	0,24
Mn	0,12	0,29	0,23	0,25	0,47	0,56	0,19	0,32
Ni	0,64	0,50	1,26	1,42	1,63	1,25	2,03	1,39
Zn	0,31	0,24	0,35	0,28	0,43	0,48	0,52	0,47
B	0,08	0,06	0,11	0,17	0,16	0,12	0,14	0,25

Таблица 3

Коэффициенты концентраций химических элементов в образцах листового опада березы и яблони

Элемент	Значение коэффициента концентрации химического элемента (K_c)							
	Береза				Яблоня			
	г. №9	г. № 10	г. № 11	г. № 12	г. № 13	г. № 14	г. № 15	г. № 16
Cu	0,14	0,12	0,23	0,57	0,68	0,72	0,79	0,63
Fe	0,15	0,14	0,21	0,35	0,27	0,43	0,29	0,16
Mn	0,18	0,24	0,36	0,42	0,36	0,48	0,64	0,38
Ni	0,65	0,53	0,97	0,94	0,56	1,79	0,71	1,15
Zn	0,21	0,28	0,39	0,31	0,47	0,46	0,62	0,53
B	0,06	0,04	0,08	0,07	0,09	0,11	0,07	0,12

Также по каждой контрольной точке был рассчитан Z_c , отражающий эффект воздействия группы элементов:

$$Z_c = \sum_1^n K_{ci} - (n-1), \quad (2)$$

где K_{ci} – коэффициент концентрации i -ого элемента в пробе; n – число учитываемых элементов.

По результатам расчетов Z_c установлено, что уровень загрязнения по исследованным элементами допустимый. Следует отметить, что в целом, в образцах листы, произрастающей вдали от антропогенных источников содержание элементов существенно ниже, чем например в точках вдоль оживленной автомагистрали. Таким образом, даже в условиях интенсивной антропогенной

нагрузки, содержание элементов (в т. ч. и ИТМ) в листьях не представляет серьезной опасности, и соответственно, рассматриваемые образцы листового опада могут быть использованы как потенциальные СМ для очистки водных сред от различных загрязняющих веществ.

Следующим этапом исследований было установление возможности применения образцов листы для извлечения из водных сред НП. Для оценки сорбционных свойств листового опада по отношению к НП проведены эксперименты по очистке модельных растворов, содержащих НП. В качестве модельных растворов при исследовании адсорбции НП применяли дизельное топливо (ДТ). Модельные раствор НП получили путем интенсивного перемешивания ДТ и дистиллированной воды. После перемешивания раствор отстаивали и проводили разделение водной и органической фаз. Содержание НП определяли методом ИК-спектроскопии на анализаторе нефтепродуктов марки «КН-3» в соответствии со стандартной методикой [8].

На первоначальном этапе исследование адсорбции НП проводили в статическом режиме. Определяли концентрацию растворенных компонентов ДТ после 2 ч контактирования с образцами измельченной листы массой 3 г с 0,2 дм³ модельного раствора содержащего НП с концентрацией 10 мг/дм³ при комнатной температуре.

Эффективность очистки (R, %) модельного раствора рассчитывали по формуле (3):

$$R = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \cdot 100, \quad (3)$$

где C_0 – исходная концентрация НП, мг/дм³; C_1 – конечная концентрация НП, мг/дм³.

Адсорбционную емкость образцов листы (A, мг/г) рассчитывали по уравнению (4):

$$A = \frac{(C_0 - C_1) \cdot V}{m}, \quad (4)$$

Для оценки сорбционных свойств образцов листы в динамических условиях проводили адсорбцию на лабораторной фильтрационной установке путем пропускания модельных растворов, содержащих НП с концентрацией $1,6 \text{ мг/дм}^3$, с заданным расходом через заполненные СМ стеклянные колонки длиной 200 мм, диаметром 20 мм с перфорированным дном при комнатной температуре. Высота слоя СМ составляла от 140 до 160 мм, масса СМ – 3 г, объем модельного раствора – $0,2 \text{ дм}^3$. Результаты экспериментов представлены в таблице 4. Для сравнения сорбционных свойств исследуемых материалов в таблице также приведены данные по товарному сорбенту - активированному углю марки «БАУ-А» [9].

Эксперименты по очистке модельных растворов с применением измельченного листового опада показали, что эффективность очистки от НП варьируется от 24 до 45 % в статических условиях и от 32 до 54 % в динамическом режиме. Максимальное значение показателя адсорбционной емкости наблюдается у измельченного листового опада березы, которое составляет $0,48 \text{ мг/г}$ в статических и $0,17 \text{ мг/г}$ - в динамических условиях.

Таблица 4

Эффективность очистки и адсорбционная емкость образцов листового опада по отношению к нефтепродуктам

Образец	Эффективность очистки, %		Адсорбционная емкость, мг/г	
	Статические условия	Динамические условия	Статические условия	Динамические условия
Осина	31	43	0,37	0,10
Клен	24	32	0,21	0,08
Береза	45	54	0,48	0,17
Яблоня	39	46	0,40	0,13
БАУ-А	92	97	2,76	1,24

Таким образом, проведенные исследования позволяют рассматривать листовую опад в качестве потенциального сорбционного материала для извлечения НП из водных сред. Для улучшения сорбционных свойств

рассматриваемых образцов целесообразно проведение дальнейшей модификации с применением различных физико-химических методов.

Список использованных источников

1. Копылова Л.В. Аккумуляция железа и марганца в листьях древесных растений в техногенных районах забайкальского края // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1-3. С. 709-712.
2. Alekseeva A.A. The use of leaves of different tree species as a sorption material for extraction of heavy metal ions from aqueous media/D.D.Fazullin, D.A.Kharlyamov, G.V.Mavrin, S.V.Stepanova, I.G.Shaikhiyev, A.S.Shaimardanova //International Journal of Pharmacy and Technology. - 2016. – 8(2). – P. 14375-14391.
3. Kharlyamov D.A. Study of the possibility of using leaf litter to clean up water environments from petroleum products/D.A. Kharlyamov, G.V. Mavrin //ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2021. – Vol.16, No.24. – P.2635-2641.
4. Харлямов Д.А. Физико-химические и сорбционные свойства композиционных материалов на основе отходов деревообработки и синтетического магнетита / Д.А. Харлямов, Т.Р. Денисова, Г.В. Маврин, И.Г. Шайхиев // Вода: химия и экология. – 2018. – № 10-12/2018. – С. 119 – 125.
5. Денисова Т.Р. Использование компонентов лиственных деревьев средней полосы России в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из водных сред. Обзор литературы / Т.Р. Денисова, И.Г.Шайхиев// Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20. –№ 24. – С. 145-158.
6. ПНД Ф 14.1:2:4.135-98 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой.
7. Лисицкая И.Г. Контроль качества и экологической безопасности почв и урбаноземов / И.Г.Лисицкая, В.И.Петухов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № S3. – С. 112-124.

8. ПНД Ф 14.1.272-2012. Количественный химический анализ вод. Методика (метод) измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах сточных вод методом ИК-спектрофотометрии с применением концентратомеров серии КН.
9. Харлямов Д.А. / Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с применением магнитного композиционного сорбента на основе отходов древесного волокна / Р.Р. Зиннатов, Г.В. Маврин, И.Г. Шайхиев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – №4. – С. 139-141.
-

Kharlyamov D.A., candidate of technical Sciences, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, email: kharlyamov@gmail.com

Mavrin G.V., candidate of chemistry Sciences, assistant professor, head of the department, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, email: mavring@rambler.ru

Suleimanov I.F., candidate of technical Sciences, assistant professor, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University, email: real7best@mail.ru

INVESTIGATION OF LEAF LITTER OF URBAN ANTHROPOGENIC LANDSCAPES FOR WATER TREATMENT FROM OIL PRODUCTS

Abstract: Within the framework of the presented work, the possibility of using the leaf litter of urban anthropogenic landscapes for the sorption purification of aquatic environments from oil products was studied. Leaf litter of aspen (lat. Populustremula), maple (lat. Acer), birch (lat. Bétula), and apple (lat. Mālus) were selected as potential sorption materials. The physicochemical properties of the studied samples were determined. To assess the safety of use as a sorption material, an atomic emission determination of the content of mobile elements in foliage samples was carried out. It has been established that the content of heavy metal ions in ammonium acetate extracts does not exceed the established regulatory requirements, accordingly, the materials in question can be used as sorption materials. Under static and dynamic conditions, experiments were carried out to purify model solutions containing petroleum products. It has been established that all the samples under consideration to some extent have sorption properties with respect to petroleum products: the minimum adsorption capacity of maple leaves is 0.21 mg/g under static and 0.08 mg/g under dynamic conditions, the maximum adsorption capacity of leaves birch - 0.48 and 0.17 mg/g, respectively.

Key words: leaf litter, adsorption, sorption material, oil products, water purification